

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»  
Институт «Академия строительства и архитектуры»

На правах рукописи



**Котовская Елена Евгеньевна**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ  
СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ**

*2.1.4. Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов*

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель  
доктор технических наук, профессор

Боровский Борис Иосифович

Симферополь – 2023 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>   | <b>6</b>  |
| <b>РАЗДЕЛ 1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛУЧЕНИЯ<br/>КАЧЕСТВЕННОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ.....</b>   | <b>11</b> |
| 1.1 Хлорорганические соединения.....   | 11        |
| 1.2 Методы, способствующие предотвращению<br>образования хлорорганических соединений.....  | 13        |
| 1.3 Технологические схемы подготовки питьевой воды из поверхностных источников<br>централизованного питьевого водоснабжения.....   | 18        |
| 1.4 Процессы осветления.....   | 22        |
| 1.5 Теоретические основы процесса фильтрования.....  | 40        |
| 1.5.1 Математические модели фильтрования.....  | 50        |
| Выводы по разделу 1.....   | 53        |
| <b>РАЗДЕЛ 2. ПОСТАНОВКА ЦЕЛИ ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ.<br/>СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.....</b>  | <b>54</b> |
| 2.1 Постановка задачи исследования.....  | 54        |
| 2.2 Выбор объекта и методов проведения исследования.....   | 56        |
| Выводы по разделу 2.....   | 56        |
| <b>РАЗДЕЛ 3. ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД<br/>ВОДОХРАНИЛИЩ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И АНАЛИЗ<br/>ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПО<br/>ОРГАНИЧЕСКИМ ЗАГРЯЗНЕНИЯМ Г. СИМФЕРОПОЛЬ.....</b> | <b>58</b> |
| 3.1 Особенности поверхностных источников централизованного хозяйственно -<br>питьевого водоснабжения по качеству воды.....   | 58        |
| 3.2 Соответствие питьевой воды нормативным требованиям.....  | 71        |
| 3.3 Анализ эффективности работы водопроводных очистных сооружений.....   | 78        |
| Выводы по разделу 3.....   | 86        |
| <b>РАЗДЕЛ 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ<br/>НА КРУПНОМАСШТАБНОЙ ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ С ПЛАВАЮЩЕЙ<br/>ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ЗАГРУЗКОЙ И СОРБЦИОННЫМ ФИЛЬТРОМ.....</b>  | <b>89</b> |
| 4.1 Описание крупномасштабной фильтровальной установки.....  | 89        |
| 4.2 Технологическое моделирование процесса<br>осветления в слое взвешенного осадка.....  | 92        |
| 4.3 Методика исследований процесса фильтрования воды.....  | 94        |
| 4.4 Методика исследований процесса удаления органических веществ из воды.....  | 94        |

|   |            |
|---|------------|
| 4.5 Экспериментальные данные по осветлению воды<br>в осветлителе-рециркуляторе КФУ.....   | 95         |
| 4.6 Экспериментальные данные по удалению взвешенных<br>веществ в фильтрующей части КФУ.....   | 96         |
| 4.7 Экспериментальные данные по удалению органических<br>веществ на КФУ.....  | 99         |
| Выводы по разделу 4.....  | 100        |
| <b>РАЗДЕЛ 5. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЧИСТКИ ВОДЫ НА<br/>ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ В УСТАНОВКЕ С ПЛАВАЮЩЕЙ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ<br/>ЗАГРУЗКОЙ И СОРБЦИОННЫМ ФИЛЬТРОМ.....</b> | <b>101</b> |
| 5.1 Формирование критериев осветления воды в осветлителе-рециркуляторе.....   | 101        |
| 5.2 Критерии фильтрования воды.....   | 106        |
| 5.3 Формирование критериев удаления органических веществ.....   | 107        |
| Выводы по разделу 5.....  | 108        |
| <b>РАЗДЕЛ 6. ОБОБЩЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО<br/>ВЫБРАННЫМ КРИТЕРИАЛЬНЫМ КОМПЛЕКСАМ.....</b>  | <b>109</b> |
| 6.1 Обобщение экспериментальных данных по критериям осветления<br>воды в осветлителе – рециркуляторе установки.....                                     | 109        |
| 6.2 Обобщение экспериментальных данных<br>по критериям фильтрования.....  | 113        |
| 6.3. Результаты критериальной обработки экспериментальных данных<br>с применением коагулянта «ПолиДАДМАХ».....  | 118        |
| 6.4 Обработка экспериментальных данных<br>по удалению органических веществ.....   | 121        |
| 6.5 Разработка математической модели очистки воды от взвеси на<br>фильтровальной установке с плавающей фильтрующей загрузкой.....                       | 123        |
| Выводы по разделу 6.....  | 125        |
| <b>РАЗДЕЛ 7. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВОДЫ НА ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ<br/>УСТАНОВКЕ С ПЛАВАЮЩЕЙ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ЗАГРУЗКОЙ<br/>И СОРБЦИОННЫМ ФИЛЬТРОМ.....</b>    | <b>126</b> |
| 7.1 Оптимизация вида коагулянта, исходя из<br>экономической эффективности.....  | 126        |
| 7.2 Оптимизация процесса очистки при различных основных показателях<br>воды в случае использования коагулянта «ПолиДАДМАХ».....                         | 128        |
| 7.3 Практическое применение рассмотренной технологии.....   | 129        |

|  |            |
|--|------------|
| Выводы по разделу 7.....   | 134        |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>   | <b>135</b> |
| <b>СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....</b>   | <b>137</b> |
| <b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>  | <b>140</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ А. СВЕДЕНИЯ ПО КАЧЕСТВЕННОМУ СОСТАВУ<br/>ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ВОДЫ НА ВОС РК И СВОДНЫЕ ДАННЫЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ<br/>ОБРАБОТКИ .....</b> | <b>154</b> |
| Приложение А.1 Исходные данные качественного состава воды<br>в водохранилищах РК Крым и в РЧВ (после очистки) .....                          | 154        |
| Приложение А.2 Результаты статистической обработки значений мутности<br>для Симферопольского водохранилища.....                              | 180        |
| Приложение А.3 Результаты статистической обработки значений цветности<br>для Симферопольского водохранилища.....                             | 182        |
| Приложение А.4 Результаты статистической обработки значений<br>перманганатной окисляемости для Симферопольского водохранилища.....           | 184        |
| Приложение А.5 Результаты статистической обработки значений мутности<br>для Партизанского водохранилища.....                                 | 187        |
| Приложение А.6 Результаты статистической обработки значений цветности<br>для Партизанского водохранилища.....                                | 189        |
| Приложение А.7 Результаты статистической обработки значений<br>перманганатной окисляемости для Партизанского водохранилища.....              | 192        |
| Приложение А.8 Результаты статистической обработки значений<br>перманганатной окисляемости для Межгорного водохранилища.....                 | 195        |
| Приложение А.9 Результаты статистической обработки значений мутности<br>для Аянского водохранилища.....                                      | 198        |
| Приложение А.10 Результаты статистической обработки значений цветности<br>для Аянского водохранилища.....                                    | 200        |
| Приложение А.11 Результаты статистической обработки значений перманганатной<br>окисляемости для Аянского водохранилища.....                  | 202        |
| Приложение А.12 Сводные данные результатов статистической обработки.....   | 205        |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СВОДНЫЕ ДАННЫЕ ПО КОАГУЛЯНТАМ, ПРИМЕНЯЕМЫМ В<br/>ХОДЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....</b>                                | <b>206</b> |
| Приложение Б.1 Характеристики используемых коагулянтов.....  | 206        |
| Приложение Б.2 Методики приготовления рабочих растворов реагентов.....   | 208        |
| Приложение Б.3 Результаты пробного коагулирования.....   | 209        |



|  |            |
|--|------------|
| Приложение Б.4 Журнал наблюдений реагентного фильтрования на крупномасштабной экспериментальной установке с применением реагента «ПолиДАДМАХ»..... | 216        |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ В. АКТЫ И СПРАВКИ О ВНЕДРЕНИИ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТ.....</b>   | <b>218</b> |
| Приложение В.1 Акт внедрения результатов диссертационного исследования в учебный процесс.....  | 218        |
| Приложение В.2 Акт внедрения методики определения количества, закупаемых реагентов.....  | 219        |
| Приложение В.3 Акт внедрения методики барьерной способности водопроводных очистных сооружений по органическим соединениям                          |            |
| Приложение В.4 Акт внедрения методики выбора технологических параметров осветления, фильтрования, сорбции.....                                     | 221        |
| Приложение В.5 Акт внедрения, технического решение рекомендуемой схемы очистки.....  | 222        |

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Увеличение антропогенных нагрузок приводит к ухудшению качества поверхностных вод некоторых источников централизованного водоснабжения (ИЦВ) Республики Крым, как следствие, снижение барьерной способности водопроводных очистных сооружений (ВОС) в отношении задержания органических загрязнений и взвешенных веществ. Не удаленные органические загрязнения обуславливают содержание в очищенной воде, вредных для здоровья человека, хлорорганических соединений, образующихся при обеззараживании. Решению проблем разработки новых и совершенствованию существующих схем очистки поверхностных вод посвящены работы известных ученых: М.Г. Журбы, Ж.М. Говоровой, В.В. Найденко, В.Л. Драгинского, Л.П. Алексеевой, П.Г. Быковой, А.Д. Смирнова, Л.И. Кантора, Е.А. Лебедевой, А.О. Родиной, А.Н. Лукова, В.В. Гончарука, А.А. Мильнера, Г.Д. Резникова, В.С. Тарасенко, А.Я. Найманова, и др. Качественный состав поверхностных ИЦВ формируется в условиях антропогенной нагрузки, поэтому снижение этого влияния в процессе обработки воды на водопроводных очистных сооружениях требует обоснования новых технологических решений, которые направлены на уменьшение содержания органических соединений и взвешенных веществ, что должно базироваться на результатах экспериментально-теоретических исследований. Ухудшение качества вод, поверхностных источников Республики Крым обусловлено естественным обмелением рек и водохранилищ, интенсивной застройкой территорий, прилегающих к источникам водоснабжения, отсутствием канализования в долине реки Салгир, на которой устроено Симферопольское водохранилище – ИЦВ г. Симферополь; хаотическим развитием гостинично-ресторанных комплексов; ослаблением экологического контроля за промышленными и сельскохозяйственными объектами. В связи с ограничением подачи воды в РК поверхностных вод р. Днепр остро встает вопрос о рациональном использовании поверхностных вод местных источников. Известные научные подходы к удалению органических соединений и взвешенных веществ из вод поверхностных источников водоснабжения требуют постоянного уточнения и корректировки входных параметров, разработки математических моделей, с учетом динамики изменения качественного состава антропогенных загрязнений, что и определила актуальность выбранной темы. Все задачи решались на примере ИЦВ г. Симферополя, которые сходны по своим качественным показателям и гидрологическим режимам большинству ИЦВ Республики Крым.

**Степень разработанности** темы характеризуется подготовкой математических моделей технологических процессов реагентной очистки воды, в установке совмещающей процессы осветления в слое взвешенного осадка, фильтрования через плавающую фильтрующую загрузку и сорбцию на угольном фильтре на основании полученных автором аналитических

зависимостей в результате обработки экспериментальных данных и теоретического обоснования.

**Объект исследования** – устройство подготовки природных вод для систем водоснабжения в условиях изменения качественного состава источников централизованного водоснабжения.

**Предмет исследования** - технологические процессы подготовки природных вод для систем водоснабжения в условиях изменения качественного состава источников централизованного водоснабжения.

**Цель работы.** Усовершенствование методов очистки природных вод с высокой степенью защиты от негативного воздействия антропогенных загрязнений поверхностных источников централизованного водоснабжения Республики Крым.

**Основные задачи исследования.**

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- сбор и систематизация численной информации по формированию качественных показателей поверхностных источников централизованного водоснабжения (ИЦВ);
- получение математических моделей прогноза качества по органическим загрязнениям в воде источника централизованного водоснабжения и в воде, прошедшей очистку на ВОС;
- подготовка крупномасштабной фильтровальной установки, предназначенной для удаления взвешенных веществ и органических соединений из обрабатываемой воды;
- формирование основных критериев процессов осветления, уточнение критериев процессов фильтрования и сорбции при очистке вод поверхностных ИЦВ от антропогенных загрязнений;
- моделирование процессов очистки поверхностных вод ИЦВ при использовании различных коагулянтов;
- обобщение экспериментальных данных по выбранным критериям и полученной математической модели;
- оптимизация параметров очистки от взвешенных веществ и органических соединений по экономическим критериям.

**Научная новизна полученных результатов** заключается в теоретическом обосновании, разработке технических решений по усовершенствованию технологии очистки природных вод в Республике Крым, путем совершенствования методов удаления загрязнений из поверхностных вод, подвергшихся антропогенному воздействию.

*Впервые получены:*

- методика оценки барьерной способности ВОС по сравнительному мониторингу показателей качества воды из ИЦВ и воды, прошедшей очистку, по органическим загрязнениям;

- критерии процесса осветления воды при ее ресурсосберегающей очистке;

- математические модели процесса очистки в осветлителе-рециркуляторе, фильтрации через плавающую загрузку и сорбции при использовании различных коагулянтов, для обеспечения максимальной защиты от антропогенного воздействия на ИЦВ.

*Усовершенствованы:*

- критерии процесса осветления природной воды в осветлителе-рециркуляторе;

- *Разработаны* математические модели процесса очистки в осветлителе-рециркуляторе, фильтровании через плавающую загрузку и сорбции при использовании различных коагулянтов, для обеспечения максимальной защиты от антропогенных загрязнений.

- *Оптимизированы* параметры водоочистки для обеспечения максимальной степени очистки обрабатываемой природной воды

*Получили дальнейшее развитие:*

- методика определения барьерной способности ВОС относительно органических загрязнений, необходимого уровня защиты от антропогенных загрязнений действующих водохозяйственных комплексов;

- концепция обоснования технологической схемы, совмещающей процессы осветления, фильтрования и сорбции, для обеспечения высокой степени защиты от органических соединений и взвешенных веществ;

- оптимизация параметров водоочистки от антропогенного воздействия, путем применения полученных моделей.

**Теоретические и практические значение полученных результатов** состоит в том, что теоретические положения, представленные в диссертации, доведены до уровня конкретных технических решений практических рекомендаций и уточняют комплекс технологических параметров осветления в слое взвешенного осадка, фильтрования восходящим потоком через пенополистирольную загрузку и фильтрование нисходящим потоком через угольную загрузку, с получением математических моделей процесса очистки, позволяющих оптимизировать технологический процесс. Новые конструктивные решения установки для очистки воды позволяют удалять более половины органических загрязнений, содержащихся в воде и большую часть взвешенных веществ (патенты Украины [12, 13]);

- методики определения количества, закупаемых реагентов, полученная в ходе выполненной статистической обработки накопленной базы данных качественного состава принята к внедрению ГУП РК «Вода Крыма»;

-методики определения барьерной способности водопроводных очистных сооружений по органическим соединениям, с последующим повышением эффективности функционирования водопроводных очистных станций принята к внедрению ГУП РК «Вода Крыма»;

- методика выбора технологических параметров процесса осветления, фильтрования, сорбции при очистке поверхностных вод ИЦВ приняты к внедрению Симферопольским филиалом ГУП РК «Вода Крыма»;

- техническое решение рекомендуемой схемы очистки, базирующееся на основных результатах исследования принято к внедрению строительной компанией «Консоль-СТРОЙ»

- научные положения работы использованы в институте «Академии строительства и архитектуры» (структурное подразделение) «Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского» при разработке лекционного и практического курса по дисциплинам: «Новые инженерно-технические решения систем водоснабжения и водоотведения»; «Технология очистки природных вод» и используется при проведении лекционных, практических занятий, курсовом и дипломном проектировании.

**Методология и методы диссертационного исследований.** Достоверность полученных в работе результатов экспериментальных исследований подтверждается применением стандартных методов определения в природных водах ИЦВ и водах, прошедших очистку на ВОС, взвешенных веществ и органических соединений, определенных по показателю перманганатная окисляемость. Аналитические выражения, описывающие процессы очистки проверялись при помощи индекса корреляции и критерия Пирсона.

При решении поставленных задач были использованы следующие методы: теория размерности, теория вероятности, математическая статистика, корреляционно-регрессионный анализ, математическое моделирование процессов очистки от антропогенных загрязнений.

#### **Положения, выносимые на защиту.**

- Методика оценки барьерной способности ВОС по органическим соединениям, позволяющая оценить эффективность работы очистных сооружений для принятия дополнительных схем очистки или интенсификации процессов в существующей технологии.

- Конструкция фильтровальной установки, совмещающей процессы осветления в слое взвешенного осадка, фильтрования через пенополистирольную загрузку и сорбцию на угольном фильтре, которые являются основными ступенями очистки, с применением новых современных коагулянтов и традиционных. При проведении экспериментальных исследований были получены технологические параметры эксплуатации, которые могут быть применены в аналогичных условиях.

- Теоретическое обоснование скоростного критерия  $K_v$ , определяющего остаточную концентрацию загрязнений на выходе из рециркулятора-осветлителя и учитывающего влияние дозы реагента.

- Результаты оптимизации по выбору наиболее эффективного и экономически обоснованного коагулянта с определением расчетных значений доз.

**Личный вклад автора.** Автором лично выполнен информационный поиск и анализ научной литературы, самостоятельно обоснована цель и задачи исследований, выполнен комплекс экспериментальных исследований. Получены критерии процесса осветления природной воды в осветлителе – рециркуляторе. Усовершенствована система критериев осветления воды при фильтровании через плавающую загрузку и сорбции. Проведено обобщение и анализ полученных результатов, разработана математическая модель, предложены рекомендации и технологические решения на их основе. По итогам работы диссертантом получен патент Украины по очистке воды.

**Апробация результатов диссертации.** Основные положения и результаты диссертационной работы были представлены на конференции Международного Водного Форума «Аква-Украина», Донецк – 2007; на конференциях Международного Конгресса «ЭТЭВК: Экология, технология, экономика, водоснабжение, канализация», Ялта - 2007, 2009; на II Всеукраинской молодежной научной конференции «Вода-источник жизни на Земле» Луганск - 2008; на конференциях преподавателей, аспирантов и студентов НАПКС в 2004-2014 г. Симферополь; на V Международном научном семинаре «Методы повышения ресурса городских инженерных инфраструктур», г. Харьков - 2012; на 68 - ой научно-технической конференции ХНУБА, г. Харьков – 2013 (Харьковской национальной академии строительства и архитектуры); на VIII Международной научно-технической конференции «Решение экологических проблем в строительной отрасли» г. Хошимин (Вьетнам) - 2022.

**Публикации.** По материалам диссертации опубликовано 18 научных работ, в том числе 10 в отраслевых изданиях, одобренных ВАК Украины, 5 – в изданиях, ведущих рецензируемых научных журналов, утвержденных ВАК РФ, 1 работа в международном сборнике «Motrol», 2 патента Украины.

**Структура и объем диссертационной работы.** Работа состоит из введения, семи разделов, выводов, приложений и списка литературы. Полный объем диссертации - 152 стр., в том числе 82 рисунка, 30 таблиц. Список использованной литературы на 14 страницах и состоит из 172 именованных.

Автор выражает огромную благодарность научному руководителю Боровскому Борису Иосифовичу за научную, методическую и организационную помощь при выполнении данной работы.

## РАЗДЕЛ 1

### АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННОЙ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

#### 1.1 Хлорорганические соединения

Применение хлора в процессе водоподготовки приводит к образованию 500 наименований хлорорганических соединений (ХОС) [32, 169, 170]. Количество ХОС, которые образуются в питьевой воде определяется уровнем загрязнения источников питьевого водоснабжения органическими веществами природного и антропогенного происхождения и дозами хлора.

ХОС практически не удаляются на последующих стадиях водоподготовки и способствуют повышению эпидемиологической опасности питьевой воды [14].

Хлорорганические токсиканты обладают канцерогенными, мутагенными, тератогенными свойствами, эмбриотоксичностью, генотоксичностью вызывают аллергические реакции, угнетение нервной системы, нарушение обмена веществ человека [24, 159, 160, 166, 168].

Хлороформ, обладает канцерогенной активностью; дихлорбромметан, хлордибромметан, трибромметан - мутагенными свойствами; 2, 4, 6-трихлорфенол, дихлорфенол, дихлорацетонитрил, хлорпиридин, полихлорированные бифенилы (ПХБ) иммунотоксичны и канцерогенны [33].

ХОС вызывают гепатоксические действия, могут поражать почки, центральную нервную и эндокринную систему, органы зрения.

Хлороформ при внутрижелудочном введении вызывает как доброкачественные, так и злокачественные опухоли печени у мышей, опухоли почек и щитовидной железы у крыс. Четыреххлористый углерод при различных способах введения мышам и крысам вызывает у них опухоли печени, а при подкожном введении – опухоли молочной железы. В связи с этим хлороформ и четыреххлористый углерод рассматривают как соединения, представляющие канцерогенную опасность для человека [33].

Канцерогенному действию ХОС питьевой воды наиболее подвержены желудочно-кишечный тракт (печень, толстый кишечник) и мочевыводящие пути (почки, мочевой пузырь). При концентрации хлороформа в питьевой воде  $6 \text{ мкг/дм}^3$  риск развития рака за 70 лет жизни составляет 1 заболевание на 1 млн. человек,  $60 \text{ мкг/дм}^3$  - 1 заболевание на 100 тыс.,  $600 \text{ мкг/дм}^3$  - 1 заболевание на 10 тыс. человек соответственно (1994 год) [33].

Статистика свидетельствует о том, что за последние 100 лет по уровню заболеваемости и смертности онкопатология переместилась с десятого места на второе. Статистика онкологической заболеваемости впечатляет: она стабильно возрастает на 3% в год, и рак

продолжает молодеть. По смертности злокачественные опухоли уступают только сердечно-сосудистым заболеваниям. В 2003 году на каждые 100 тыс. крымчан приходилось 357 онкобольных.

Причиной появления ХОС является содержание природных органических соединений (ПОС). Наличие в воде органических веществ оказывает влияние прямым или косвенным образом на такие процессы, как подвижность тяжелых металлов и гидрофильных органических соединений, кинетику агрегации коллоидных примесей [163].

Реакционная способность ПОС связана с их физико-химическими свойствами (молекулярная масса, элементный состав, и содержание функциональных групп). ПОС являются источником органического углерода для микроорганизмов, и соответственно, причиной вторичного микробного загрязнения, биообрастания емкостей ВОС и водопроводных коммуникаций [156, 165].

Кроме первичных природных органических соединений, в поверхностных водах присутствуют полупродукты и конечные продукты жизнедеятельности микроорганизмов - растворимые органические соединения разной природы. Они влияют на многие аспекты технологических процессов, включая образование нежелательных вторичных продуктов окисления, которые легко разлагаются биологически, когда при водоподготовке используют предварительную, промежуточную и заключительную стадии окисления.

Вторичные продукты хлорирования имеют низкую степень биоразложения и не приводят к бактериальному росту в распределительной сети, являются причиной появления в питьевой воде токсичных хлорорганических соединений [172].

Основным компонентом природных органических соединений являются гуминовые вещества (ГВ) и фульвокислоты.

Цветность гуминовых кислот (ГК) определяется наличием в их структуре следующих хромофорных групп:

- группы атомов углерода с двойными связями  $=C=C=$ ;
- карбонильные группы  $-C=O$ ;
- хинонные группы  $=C=O$ .

Содержание ПОС в природной воде зависит от типа грунтов, с которыми происходит контакт воды. По мере перехода от подзолистого грунта к черноземам в гуминовых кислотах концентрация углерода повышается, а водорода и кислорода уменьшается. ГК в ряде грунтов становятся менее гидрофильными и более окисленными [32].

Такое изменение строения ГК тесно связано с их поведением во время водоподготовки.

Более сложные по природе ГК из лигнита и торфа имеют меньшую стойкость по отношению к действию электролитов, чем молодые, и, соответственно, менее сложные ГК.



Таким образом, ГК с подзолистых грунтов более стойки к коагуляционному действию электролитов, чем ГК из черноземов.

Наибольшую стойкость к коагуляции проявляют фульвокислоты (креновые и апокреновые), а также ГК, которые являются новообразованными.

ГВ, которые содержатся в природных водах, имеют среднюю молекулярную массу от 800...1000 до 5000...6000. Разные значения величин средней молекулярной массы ГВ зависят от степени ассоциации первичных полимерных или поликонденсированных молекул в присутствии ионов неорганических солей, которые содержатся в воде [151].

О структуре молекул ГК и фульвокислот полных сведений нет, несмотря на большое число исследований, в которых использовали методы щелочного и кислотного гидролиза, окисление, восстановление с идентификацией образующихся продуктов, а также получения ИК - спектров и рентгеноструктурных данных [32].

Остаточное содержание органических загрязнений способствует образованию комплексных соединений, с теми металлами, с которыми взаимодействует вода, в процессе водоподготовки [46, 139, 146]. Например, в качестве коагулянтов на многих водоочистных станциях используют сернокислый алюминий. Наличие органических соединений в воде провоцирует рост повышенных концентраций остаточного алюминия в воде, прошедшей очистку на ВОС.

## **1.2 Методы, способствующие предотвращению образования хлорорганических соединений в питьевой воде**

На данный момент существует ряд способов предотвращения образования хлорорганических соединений. Выбор того или иного способа зависит от таких параметров, как исходные характеристики качества воды в источнике централизованного водоснабжения, от действующей схемы обеззараживания на ВОС.

К основным методам, препятствующим образованию сложных хлорорганических соединений, относятся:

- введение в контактные камеры порошкообразных активированных углей (ПАУ) [125, 90, 146];
- применения биоцидных реагентов [115].
- метод преаммонизации, позволяющий связывать свободный хлор, и замедлять процесс окисления органических соединений [35, 67].
- метод электрокаталитической деструкции гуминовых кислот [145, 155].
- предварительное окисление озоном и сорбция.
- комплексное использование различных окислителей и физических методов очистки.

Применение порошкообразных активированных углей (ПАУ) достаточно распространенный способ и его применение регламентировано [125]. Контактные камеры для введения ПАУ включены в состав технологической схемы Межгорных ВОС г. Симферополь.

Разработка новых биоцидных реагентов набирает все большие обороты, поскольку они:

- имеют высокий обеззараживающий потенциал с широким спектром биоцидного действия в диапазоне температур воды от  $0...30$  °C при  $pH$   $6...9$ ;

- способствуют снижению дозы коагулянта или отказу от его применения, тем самым, уменьшая содержание остаточного алюминия в очищенной воде или обеспечивая его полное отсутствие;

- обеспечивают длительное (продолженное) обеззараживающее действие в воде, прошедшей очистку;

- обладают высокой степенью безопасности при хранении, транспортировании и применении [115].

Метод преаммонизации применяют в тех случаях, когда вода после обеззараживания достаточно длительное время транспортируется потребителю, и необходимо продлить действие хлора [31]. Данный способ получил обширное распространение. В г. Симферополе на двух ВОС применяют данный метод на Партизанских ВОС, которые удалены от города на 17 км, и Межгорных ВОС, протяженность водоводов которых составляет 25 км.

Перспективными для окисления органических веществ являются электрохимические методы, имеющие ряд преимуществ по сравнению с химическими. Просты в эксплуатации, в аппаратном исполнении, легко поддаются автоматизации, не требуют дефицитных реагентов и позволяют получать окислитель на месте потребления [145, 155].

Применение озона достаточно распространенный способ. Его применение также регламентировано [125]. Но этот метод обладает некоторыми недостатками.

Озонирование природных вод с высоким содержанием органических соединений приводит к образованию токсичных продуктов окисления последних, которые не удаляются в процессах водоочистки и повышают токсичность озонированной воды [115].

Озон быстро разлагается и не может обеспечить эффект консервирования воды [115].

Частичная деструкция органических примесей при озонировании воды трансформирует их в соединения, которые легко усваиваются микроорганизмами. Поэтому, использование озона в водоподготовке приводит к получению биологически нестабильной воды, которая содержит повышенное количество легко ассимилированного микроорганизмами органического углерода, что интенсифицирует повторный рост микроорганизмов в сетях распределения питьевой воды, и ухудшает ее санитарно-гигиенические показатели [67].

Озоном легко окисляются соединения, содержащие функциональные группы –ОН; СНО; NH; -SH; -S и ненасыщенные органические соединения. С насыщенными органическими соединениями озон реагирует с образованием свободных радикалов [31]. А при невысокой температуре – с образованием гидропероксидов.

В качестве продуктов реакции в зависимости от доз озона и режимов обработки воды могут образовываться альдегиды, кетоны и карбоновые кислоты, другие соединения, мутагенные и токсикологические свойства которых недостаточно изучены.

Неустойчивость озона в воде, образование в процессе озонирования биоразлагаемых органических соединений, использование которых в качестве питательного субстрата может приводить к вторичному росту микроорганизмов в водораспределительной сети, затрудняет его использование в качестве обеззараживающего реагента [42].

Эффективность бактерицидного и вирулицидного воздействия УФ-лучей зависит от органолептических и физико-химических свойств обрабатываемой воды [42]. УФ - облучение не имеет пролонгированного действия, что делает его неприменимым в системах распределения воды.

Комплексное использование различных окислителей и физических методов очистки (озона и пероксида водорода, озона и УФ - облучения, УФ - облучения и пероксида водорода) позволяет повысить эффективность очистки природной воды от органических загрязнений и сократить нежелательные последствия в процессе дальнейшей ее обработки.

Совместная обработка воды озоном и УФ - облучением в несколько раз увеличивает скорость реакции окисления нефтепродуктов, фенолов и других ингредиентов по сравнению с применением одного озона, за счет образования на первой стадии пероксида водорода, а затем радикалов ОН. При совместном применении озона и УФ – облучения эффективность очистки по различным показателям по сравнению с применением одного УФ - облучения повышается на 7...15% [29].

Весьма эффективна активация УФ - облучения в водной среде такого экологически чистого сильного окислителя как пероксид водорода ( $H_2O_2$ ). Так в работе [29] указано, что совместная обработка пероксидом водорода и УФ – облучением обеспечивала обесцвечивание воды на 56%, очистку от нефтепродуктов на 67% и анионоактивных поверхностных активных веществ (АПАВ) на 86%.

Удаление техногенных загрязнений, не поддающихся полной деструкции окислителями, обуславливает применение на конечном участке технологической схемы сорбционных методов доочистки [31].

Химические дезинфектанты при их применении в определенной степени образуют побочные продукты, перечень которых приведен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Основные побочные продукты обеззараживания

| Дезинфектант      | Основные побочные продукты обеззараживания   |
|-------------------|--|
| Газообразный хлор | Тригалометаны и другие галоорганические вещества [31]  |
| Гипохлорит Na     | То же, а также броматы, хлораты, хлориты [31, 42]  |
| Диоксид хлора     | Хлориты, хлораты, редко броматы [31]   |
| Озон              | Оксиорганические соединения, броматы, кетоны, альдегиды, карбоновые кислоты, гидроксильированные алифатические соединения [31, 42] |
| Хлорамин          | Нитраты, цианоген хлорида [31]   |

В таблице 1.2 перечислены способы обеззараживания, направленные на предотвращения образования хлорорганических соединений с указанием их эффективности и условий реализации.

Таблица 1.2 - Характеристики методов обеззараживания, препятствующих образованию хлорорганических соединений в питьевой воде

| Наименование способов   | Эффективность  | Условия применения   |
|---|--|--|
| 1   | 2  | 3  |
| Введение в контактные камеры порошкообразных активированных углей [125, 90, 146]. | Введение ПАУ позволяет в 5...10 раз снизить содержание техногенных органических и хлорорганических соединений в воде, поступающей на очистные сооружения, а также содержание остаточного алюминия в очищенной воде.  | При повышении уровня техногенного загрязнения воды выше ПДК или в аварийные и паводковые периоды; при высокой окисляемости исходной воды ( $>10 \text{ мгО}_2/\text{л}$ ) [146].<br>Ввод ПАУ непосредственно перед фильтрами в дозах 3...5 мг/л должен производиться в особых случаях, при высоком уровне загрязненности воды и при наличии в воде низкомолекулярных примесей. |
| Применение биоцидных реагентов [115].   | Не образуют побочных продуктов дезинфекции, способствует удалению из воды мутности, железа и марганца, снижает жесткость, устраняет цветность, запахи и привкусы.<br>Предотвращает рост водорослей в распределительных системах; не обладает коррозионной активностью по отношению к материалам, контактирующим с обеззараживаемой, водой [132]. | Дезинфицирующие реагенты комплексного неокислительного действия применяют для всех видов микроорганизмов, включая споры микробактерий, цисты и вирусы.   |
| Предварительное окисление озоном и сорбция  | Позволяет улучшить качество питьевой воды за счет снижения ее цветности, запахов, привкусов, нефтепродуктов, ПАВ и др.   | После озонирования воду обрабатывают хлором или диоксидом хлора для окончательной дезинфекции и обеспечения условий последствия [31].  |

| 1   | 2  | 3  |
|---|--|--|
| <p>Метод преаммонизации и постаμμонизации, позволяющий связывать свободный хлор, и замедлять процесс окисления органических соединений [7, 45].</p> | <p>Связанный хлор имеет значительно меньшую реакционную способность и слабо взаимодействует с органическими веществами, находящимися в воде. Позволяет сократить в два раза расход жидкого хлора, пролонгировать действие остаточного хлора до 15 часов и в отдельных случаях отказаться от вторичного хлорирования. Опыт внедрения технологии преаммонизации на симферопольском водоканале в 2001-2002 г. показал, что концентрация хлороформа после отстойников сократилась в 10 раз, в РЧВ концентрация составила 60% от уровня хлороформа без аммонизации [7, 67].</p> | <p>При протяженных водоводах (&gt;5 км), длительном пребывании воды в распределительной сети, при высокой хлоропоглощаемости воды и дозы хлора &gt; 5 мг/л. Для предотвращения образования хлорфенольного запаха, аммиак добавляется в воду за 2...3 мин до введения хлора (преаммонизация). Для снижения интенсивности хлорного запаха и привкуса, и продления бактерицидного действия хлора, аммиак добавляется после хлорирования (постаμμонизация). Хлорирование с аммонизацией рекомендуется в следующих случаях: при появлении хлорфенольных запахов и привкусов (аммиак в соотношении 1:2-1:3 к хлору вводится в воду до хлора); для экономии хлора при высокой хлоропоглощаемости воды (аммиак в соотношении 1:2-1:3 к хлору вводится перед хлорированием); для консервации остаточного хлора в длинных водоводах и сетях в целях обеспечения санитарного режима (в соотношении 1:4-1:5 к хлору вводится перед насосами II подъема); для предотвращения образования канцерогенных веществ (хлороформа и др.) при хлорировании питьевой воды, содержащей гуминовые вещества [67].</p> |
| <p>Метод электрокаталитической деструкции гуминовых кислот [145, 155].</p>  | <p>Процесс электроокислительной деструкции гуминовых кислот (ГК) на оксидах металлов переменной валентности [145].</p>   | <p>В присутствии диспергированных оксидов: хрома, кобальта, титана, свинца, марганца и других металлов степень окисления ГК в 2...4 раза выше, чем на платиновом или стационарных оксидно-металлических анодах [145].</p>  |
| <p>УФ-облучение в сочетании с гипохлоритом натрия</p>   | <p>Не приводит к образованию хлорорганических продуктов и броматов. Обладает эффективностью к патогенным микроорганизмам и простейшим.</p>   | <p>УФ - облучение не обеспечивает эффект последствия, поэтому необходима хлорирование - как заключительная стадия водоподготовки.</p>  |

### 1.3 Технологические схемы подготовки питьевой воды из поверхностных источников централизованного питьевого водоснабжения

Среди наиболее распространенных схем подготовки питьевой воды в нашей стране особое место занимают двухступенчатые схемы, включающие горизонтальные отстойники и скорые фильтры (ГО-СФ), или осветлители со слоем взвешенного осадка и скорые фильтры (ОВО-СФ), или префильтры и скорые фильтры (ПФ-СФ), либо одноступенчатые схемы – контактные осветлители (КО-1, КО-3) [126] с применением традиционных реагентов: коагулянтов – сульфат алюминия, хлорид железа, сульфат железа; флокулянтов – полиакриламид, активная кремнекислота; реагентов для подщелачивания – известь, сода [125]. Удаление из воды взвешенных примесей и скоагулированных хлопьев достигается отстаиванием или осветлением в слое взвешенного осадка, с последующим фильтрованием. При отстаивании или осветлении из воды удаляется основная часть взвешенных веществ, а фильтрование является завершающим этапом, предназначенным для полного освобождения воды от взвеси.

В системах централизованного водоснабжения наибольшее распространение получили реагентные схемы осветления и обесцвечивания. Взвесь осаждается в отстойниках различного типа (горизонтальных однопоточных, двух поточных, с поворотом потока в горизонтальной или вертикальной плоскости; вертикальных; радиальных) или задерживается в слое взвешенного осадка осветлителей разнообразных конструкций. Крупные частицы, выносимые водой из камер реакции и попадающие в отстойники, под действием силы тяжести начинают оседать, так как скорость движения воды в отстойниках резко снижается по сравнению со скоростью воды в предыдущих сооружениях (камерах хлопьеобразования).

Каждая из двухступенчатых схем водоподготовки имеет ряд преимуществ и недостатков, как правило, обусловленных не соответствием качества воды в источниках централизованного водоснабжения (ИЦВ) и принятых технологических схем очистки [140], неэффективность работы водопроводных очистных сооружений (ВОС) по отдельным показателям: перманганатная окисляемость, иногда мутность, остаточное содержание металлов, входящих в состав применяемых коагулянтов. Особенное внимание при эксплуатации ВОС уделяется выбору и дозировке коагулянта, так в период пониженных температур на ВОС наблюдается явление «вялой коагуляции», что требует оперативного вмешательства персонала станции.

Сведения о технологических схемах очистки, применяемых для подготовки питьевой воды в зарубежных странах, производительности ВОС ( $Q$ ), данные по качественному составу воды в ИЦВ: мутности ( $C$ ), цветности ( $Ц$ ), перманганатной окисляемости ( $ПО$ ); информация, о применяемых коагулянтах и флокулянтах; виде и дозе обеззараживающего реагента ( $D_{Cl}$ ),

скорости фильтрования ( $v_{\phi}$ ), продолжительности процесса отстаивания ( $t_{\text{треб}}$ ), а также с указанием наименования населенного пункта и наименования соответствующего источника централизованного водоснабжения приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 - Характеристики зарубежных водопроводных очистных станций

| № | Город, станция, источник, основные характеристики  | Технологическая схема очистки   |
|---|--|---|
| 1 | Амстердам, Ньюегейн, р. Рейн, $Q=320$ тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ ; $C=6...110$ мг/л; $\text{Ц}=9...51$ °ПКШ  | Предназначена для предварительной обработки речной воды и подачи ее на инфильтрацию. Смесители – камеры хлопьеобразования – горизонтальные отстойники, скорые фильтры $v_{\phi}=3$ м/ч. Хлорное железо $D_{\text{Cl}}=3$ мг/л.  |
| 2 | Антверпен, Нотмеир-Валем, канал Нетте $Q=430$ тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ ; $M=6...42$ мг/л; $\text{Ц}=5$ °ПКШ; $\text{ПО}=5...18$ мг $\text{O}_2/\text{л}$ | Смешение, введение СА $9 D_{\text{Cl}}=10...20$ мг/л проходит через пять последовательных прибрежных водохранилищ-отстойников $t_{\text{треб}}=7$ сут. Далее вводится коагулянт, затем – отстойники, скорые префильтры $v_{\phi}=5$ м/ч, озонирование, медленные фильтры $v_{\phi}=0,15$ м/ч.                       |
| 3 | Барселона, Сан-Хоан Деспи, р. Любрегат, $Q=460$ тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ ; $M=25...35$ мг/л; $\text{Ц}=10...42$ °ПКШ.                                    | Вода подвергается обработке коагулянтом СА, отстаиванию, скорому фильтрованию и обеззараживанию хлором. Фильтры – двухслойные: антрацитовая крошка и кварцевый песок.   |
| 4 | Брюссель, подземные воды $C_0=10$ мг/л; $\text{Ц}=11...25$ °ПКШ.   | Микрофильтры, осветлители со слоем взвешенного осадка, префильтры, намывные фильтры, скорые фильтры. Реагентная обработка – СА и хлорное железо. Обеззараживание – хлором и его диоксидом.  |
| 5 | Берлин, Берлин-Тегель $Q=400$ тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ .   | Станция предназначена для обработки воды, поступающей в озеро Тегель для подпитки подземных вод, являющихся источником водоснабжения города. Схема очистки: сетчатые фильтры, ОСВ «Ротапюр», скорые фильтры с двухслойной загрузкой. Реагентная обработка: коагулянты СА, хлорное железо, ПАА, катионный флокулянт. |
| 6 | Варшава Правобережная станция, р. Висла $Q=480$ тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ ; $C_0 \leq 120$ мг/л; $\text{Ц}=22...23$ °ПКШ.                                 | Две технологические линии: 1-я линия: $Q=230$ тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ . Скорое и медленное фильтрование, обеззараживание хлором. 2-я линия: $Q=250$ тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$ . Предварительное хлорирование, реагентная обработка, СА, осветлители «Пульсатор», скорые фильтры, хлор.                      |

Большой охват и большая информативность о технологических схемах, качественному составу и производительности водопроводных очистных сооружений крупных городов мира представлена на рисунках 1.1-1.5.

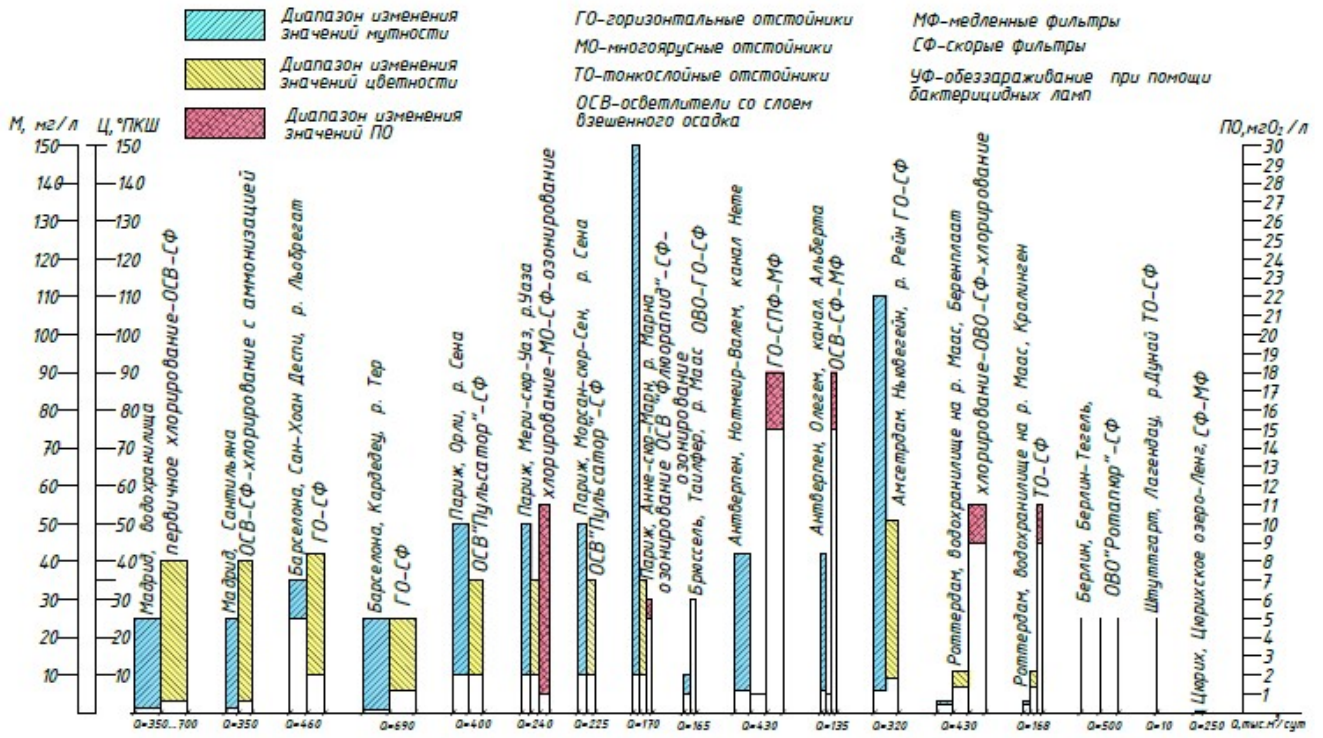


Рисунок 1.1 - Характеристики водопроводных очистных станций крупных городов Западной Европы [47]

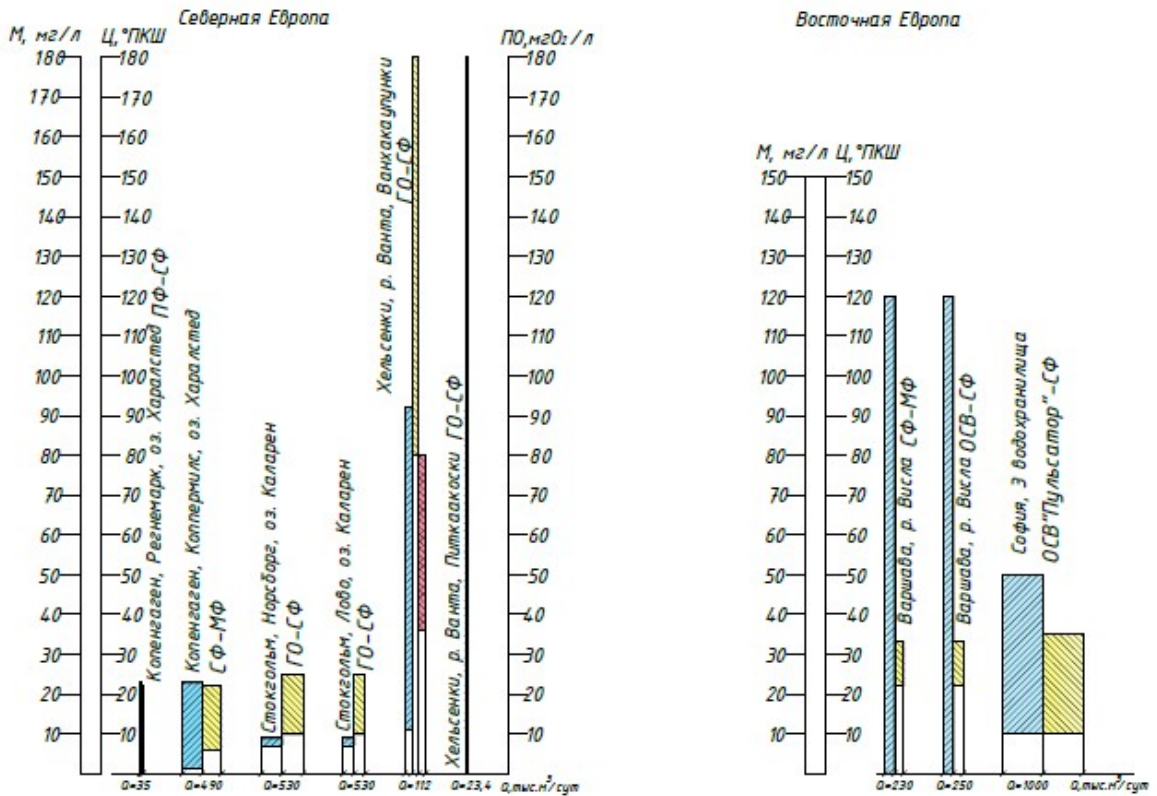


Рисунок 1.2 - Характеристики водопроводных очистных станций крупных городов Северной и Восточной Европы [47]



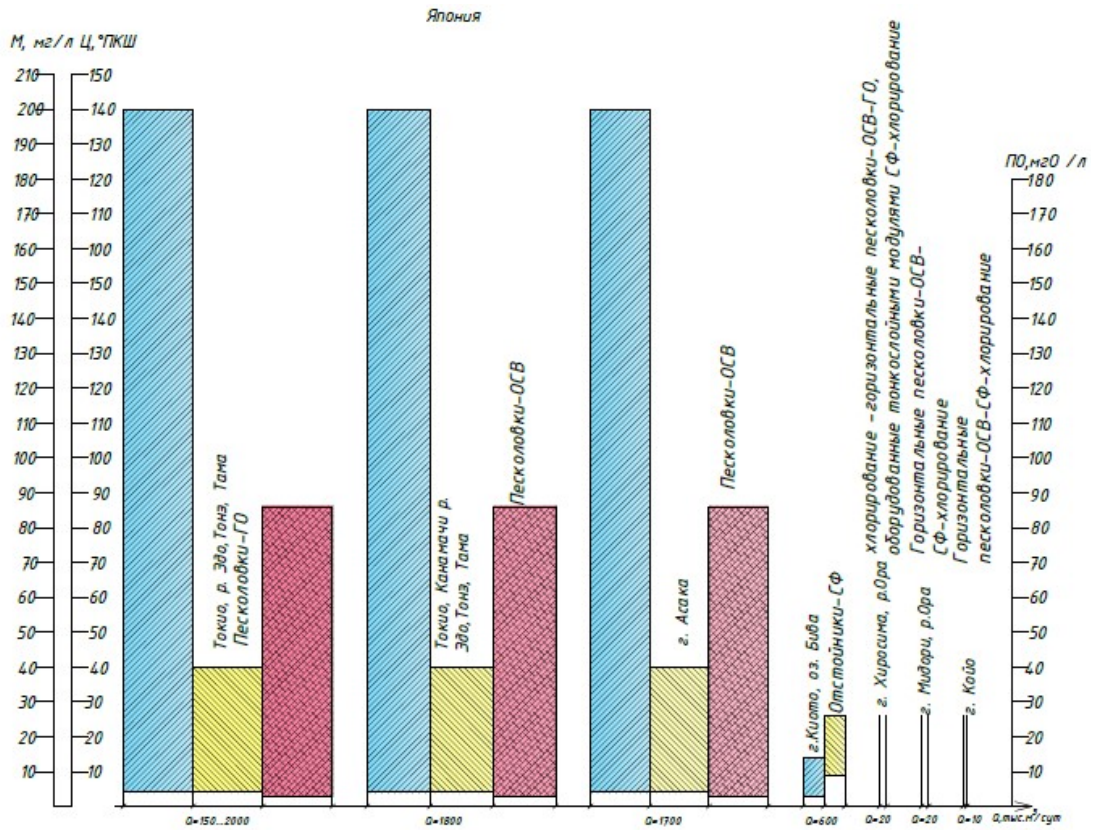


Рисунок 1.3 - Характеристики водопроводных очистных станций крупных городов Японии

[47]

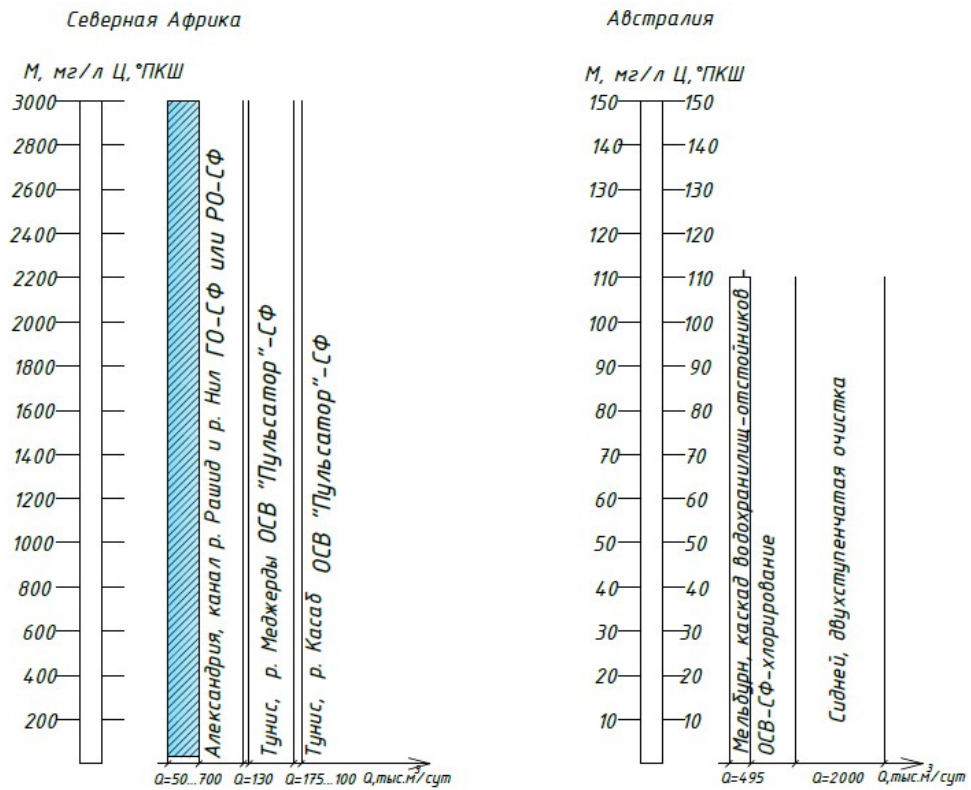


Рисунок 1.4 - Характеристики водопроводных очистных станций крупных городов

Северной Африки и Австралии [47]

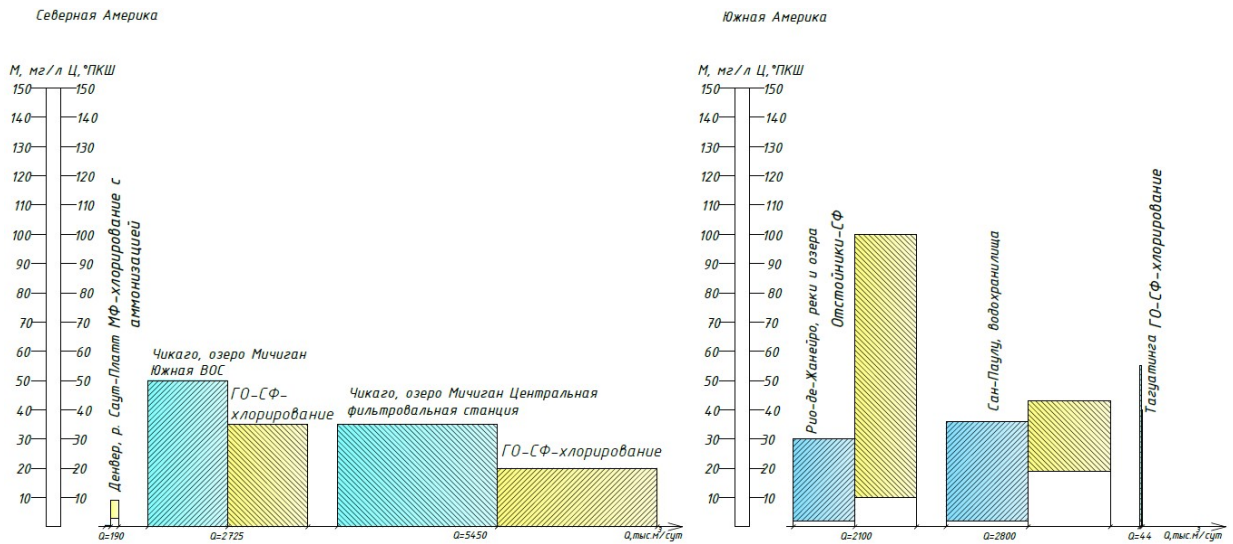


Рисунок 1.5 - Характеристики водопроводных очистных станций крупных городов Северной Америки и Южной Америки [47]

Проанализировав данные, приведенные в таблице 1.3 и на рисунках 1.1 – 1.5 можно заключить, что в зарубежных схемах подготовки питьевой воды, также наибольшее распространение получили двухступенчатые схемы очистки с применением коагулянтов, а в качестве дезинфектанта используют хлор.

#### 1.4 Процессы осветления

Принцип осветления воды во взвешенном слое был запатентован в 1889 г. Паттерсоном (Великобритания) [144] и в несколько модифицированном виде в 1902 году - Леклером (Франция) [144]. В 1929 – 1930 г. С.Х. Азерьер [1-3] изучал метод осветления воды при пропуске ее через слой накопленного осадка (шлам). Фундаментальные исследования по разработке теории процесса, методов расчета и конструированию осветлителей со слоем взвешенного осадка опубликованы в работах Е.Н. Тетеркина [133-137], Е.Ф. Кургаева [94], Л.А. Кульского [90].

Осветлители со взвешенным осадком, применяемые как сооружения первой ступени водоподготовки, могут успешно работать только при условии предварительной обработки примесей воды коагулянтном или флокулянтном [94]. Осветлители обеспечивают более высокий эффект осветления воды и имеют более высокую производительность, по сравнению с отстойниками [94]. Конструкции осветлителей со слоем взвешенного осадка и их эксплуатация более сложны по сравнению с другими сооружениями первой ступени очистки.

Осветлитель представляет собой аппарат, в котором смешанная с реагентом вода движется восходящим потоком сквозь слой взвешенного осадка, именуемого контактной средой [94].

Частицы, составляющие контактную среду, имеют большую суммарную развитую поверхность, обладающую активными свойствами в отношении основных физико-химических процессов очистки воды: коагуляции, адсорбции, кристаллизации и адгезии [16].

Благодаря указанным свойствам, контактная среда ускоряет технологический процесс и повышает эффект очистки воды [144]. Это позволяет сократить до минимума требуемые размеры аппарата и улучшить условия эксплуатации последующих ступеней водоочистных сооружений [94]. По сравнению с аппаратами того же назначения, не имеющими контактной среды (отстойниками), осветлители позволяют повысить степень очистки воды в 4...7 раз при одновременном уменьшении строительного объема в 2...4 раза [94].

Контактная среда (КС) осветлителя представляет собой слой сформированных в процессе работы аппарата твердых частиц, взвешенных восходящим потоком воды. При неизменном составе частиц, по мере повышения скорости потока происходит увеличение высоты слоя (одноосное расширение) и уменьшение объемной концентрации его частиц. Частицы находятся в состоянии непрерывного циркуляционного движения в пределах слоя, который при данной скорости потока сохраняет постоянство положения своей верхней границы. Это дает основание приравнивать скорость осаждения частиц в слое скорости движения потока [94]. При этом говорят, что частицы находятся в состоянии динамического равновесия [144].

Возможная область действия и преобладания тех или иных сил зависит от соотношения трех составляющих единого процесса:

- характера структуры зернистого слоя (его порового пространства);
- физико-химических свойств поверхности частиц, подлежащих извлечению из потока;
- гидродинамических характеристик фильтрационного потока (скорости, вязкости, температуры жидкости).

Конструкция осветлителей должна создавать оптимальные условия для формирования взвеси, очистки воды, динамического равновесия контактной среды и удаления осадка.

Преимущества КС осветлителя:

- КС имеет большую развитую поверхность образующих ее частиц, оказывая благоприятное воздействие на процессы коагулирования, сорбции, адгезии и кристаллизации продуктов процесса водообработки;
- КС способствует более равномерному распределению обрабатываемой воды по сечению осветлителя и оказывает позитивное влияние на гидравлический режим и параметры потока (увеличивает коэффициент объемного использования, гидравлический радиус и смоченный периметр);

- КС резко улучшает гидравлическую характеристику взвеси. Скорость ее осаждения возрастает в 2...3 раза по сравнению со скоростью осаждения в отстойнике за счет увеличения размеров хлопьев и их плотности;

- КС значительно повышает эффект очистки воды (снижает остаточное содержание извлекаемых из воды примесей) за счет более полного использования применяемых реагентов и свойств контактной взвеси.

Стабильная работа осветлителей достигается при постоянстве расхода и температуры обрабатываемой воды. Спонтанные колебания расхода воды вызывают размыв взвешенного слоя и вынос хлопьев в зону осветления [94]. Колебания температуры воды влечет за собой возникновение конвективных токов, приводящих к нарушению взвешенного слоя и замутнению осветленной воды. Чтобы обеспечить нормальную работу осветлителя, допускается в течение часа колебания температуры воды  $\pm 1$  °С [94]. Конструкция осветлителя должна создавать оптимальные условия для формирования взвеси, очистки воды, динамического равновесия контактной среды и удаления осадка [144]. Основные признаки, отличающие отдельные типы осветлителей:

- по способу формирования слоя взвешенного осадка и его контакта с вновь поступающей на очистку водой [64];
- по форме рабочей камеры осветлителя;
- по наличию или отсутствию дырчатого днища под слоем взвешенного осадка [94, 144];
- по рабочему давлению, под которым они работают – напорные и открытые [144];
- по методу удаления избыточного осадка из рабочей камеры: с естественным отбором или с принудительным отсосом [91, 144];
- по конструкции и месту расположения осадкоуплотнителя: вертикальный, поддонный и выносной [144].

Некоторые конструкции осветлителей приведены на рисунках 1.6 – 1.26. Оценка преимуществ и недостатков, перечисленных осветлителей со слоем взвешенного осадка представлена в таблице 1.4.

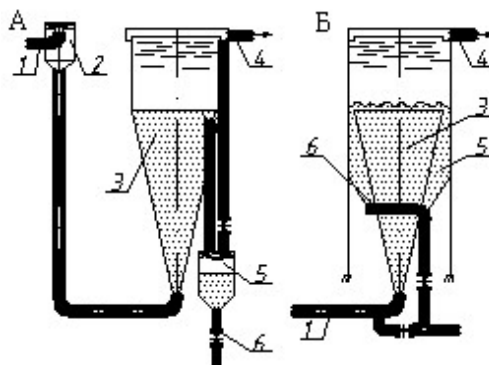


Рисунок 1.6 - Диффузор-осветлитель [94]

а) – с вынесенным шламоуплотнителем; б) – с периферийным шламоуплотнителем; 1 – подвод воды; 2 – воздухоотделитель; 3 – взвешенная контактная среда; 4 – отвод осветленной воды; 5 – шламоуплотнитель; 6 – удаление осадка.

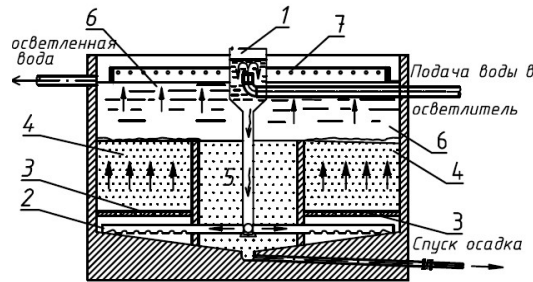


Рисунок 1.7 - Осветлитель с дырчатым дном и гравитационным отбором осадка [16]

1 – воздухоотделитель; 2 – зона реакции; 3 – дырчатое распределительное дно; 4 – зона взвешенного осадка; 5 – зона уплотнения осадка; 6 – зона осветленной воды; 7 – сборные желоба.

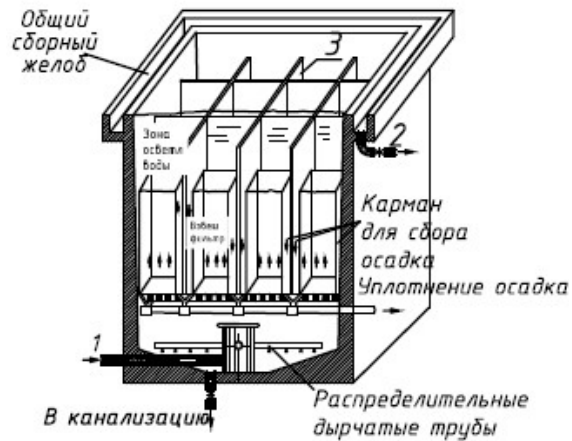


Рисунок 1.8 - Ячейковый осветлитель [16]

1 – подвод воды в распределительную систему; 2 – отбор осветленной воды; 3 – квадратные ячейки.

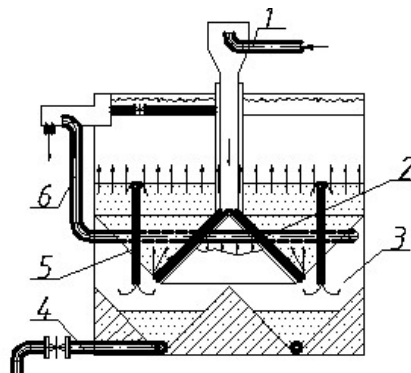


Рисунок 1.9 - Осветлитель ВОДГЕО [94]

1 - подвод воды; 2 – распределительные трубы; 3 – шламоуплотнитель; 4 – удаление осадка; 5 – шламоотводящие трубы; 6 – отсос воды из шламоуплотнителя.

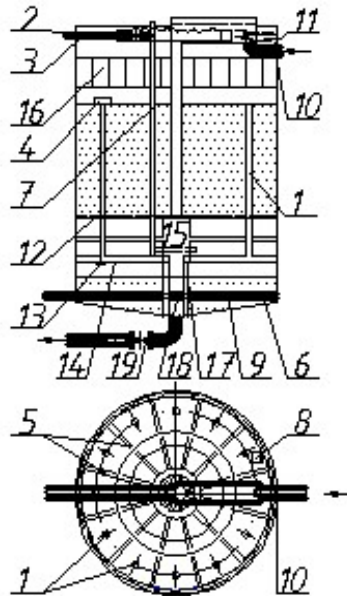


Рисунок 1.10 - Осветлитель ВНИИГС [90]

1 – осадкоотводные трубы; 2 – сборный желоб для осветления воды; 3 – трубы отвода осветленной воды; 4 – поплавков клапана; 5 – распределительные трубы; 6 – кольцевая дырчатая труба для выпуска осадка; 7 – труба для отвода осветленной воды из осадкоуплотнителя; 8 – лаз; 9 – радиальная балка; 10 – труба подачи воды с реагентом; 11 – радиальный лоток; 12 – дырчатое дно; 13 – клапан; 14 – герметическое дно; 15 – центральная труба; 16 – ячейки; 17 – опорная стойка; 18 – щиток; 19 – труба выпуска осадка.

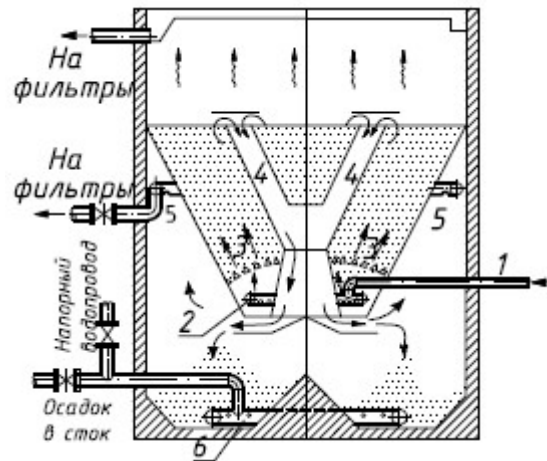


Рисунок 1.11 - Осветлитель с поддонным осадкоуплотнителем конструкции

М.П. Васильченко [16]

1 – подводный трубопровод; 2 – распределительная дырчатая труба; 3 – направляющая решетка; 4 – осадкоотводящие трубы; 5 – отвод осветленной воды из осадкоуплотнителя; 6 – дырчатые трубы для сброса осадка.

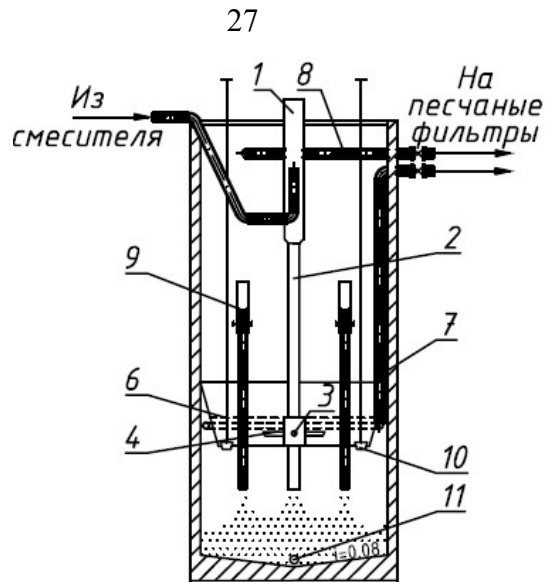


Рисунок 1.12 - Осветлитель ВНИИГС - 2 [16]

1 – воздухоотделитель; 2 – стояк; 3 – распределительный цилиндр; 4 – распределительные патрубки; 5 – герметичное; 6 – дырчатые трубы днище; 7 – трубы принудительного отсоса; 8 – кольцевая труба для сбора осветленной воды; 9 – осадкоотводящие трубы; 10 – клапаны для сброса осадка; 11 – выпуск осадка; 12 – поддонный осадкоуплотнитель.

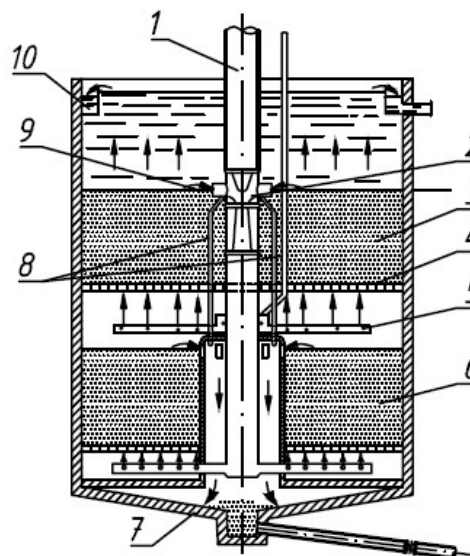


Рисунок 1.13 - Схема двухъярусного концентрического осветлителя конструкции

Л.А. Кульского [91]

1 – подвод исходной воды; 2 – эжектор; 3 – верхняя рабочая зона; 4 – распределительная решетка; 5 – подача коагулянта; 6 – нижняя рабочая зона; 7 – осадкоуплотнитель; 8 – трубы принудительного отсоса; 9 – окна для отведения избыточного шлама верхней зоны; 10 – кольцевой желоб для сбора осветленной воды.



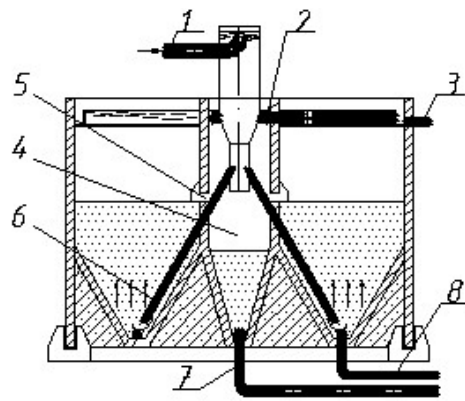


Рисунок 1.14 - Осветлитель ВОДГЕО, ГПИ-1 [94]

1 - подвод воды; 2 - отсос осветленной воды из шламоуплотнителя; 3 - отвод осветленной воды; 4 - шламоуплотнитель; 5 - окна для отвода взвеси из контактной среды; 6 - распределительные трубы; 7 - удаление осадка; 8 - опорожнение осветлителя.

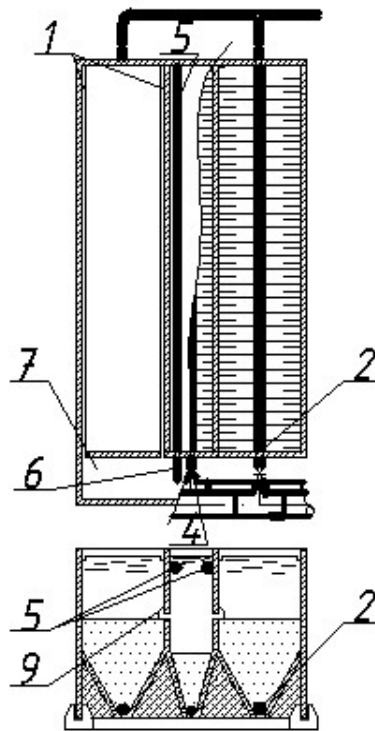


Рисунок 1.15 - Схема осветлителя коридорного типа Водоканалпроекта - Гипрокоммунводоканала [91]

1 - сборные желоба; 2 - подача осветляемой воды; 3 - осадкоприемные окна; 4 - дырчатые трубы для отвода осадка; 5 - труба для отвода воды из осадкоуплотнителя; 6 - задвижка, регулирующая принудительный отсос воды из осадкоуплотнителя; 7 - карман; 8 - отвод осветленной воды; 9 - козырьки осадкоприемных окон.



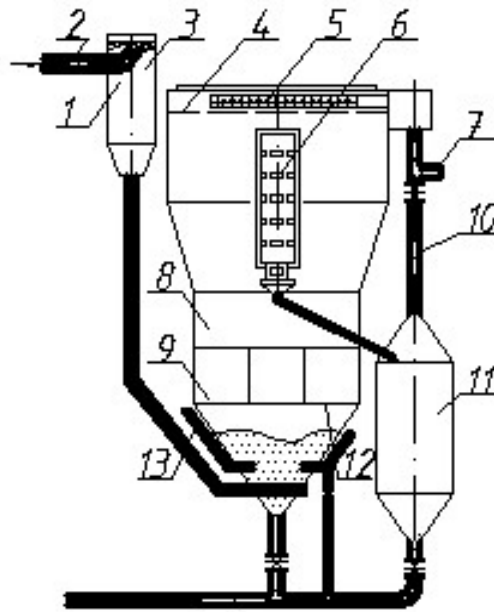


Рисунок 1.16 - Осветлитель типа ЦНИИ - 1 [94]

1 – предохранительная решетка; 2 – трубопровод для подачи воды; 3 – воздухоотделитель; 4 – дренажная решетка; 5 – сборная труба; 6 – конструкция для секционного отбора осадка; 7 – трубопровод осветленной воды; 8 – зона взвешенного слоя; 9 – вертикальные смешительные перегородки; 10 – труба для отвода воды из осадкоуплотнителя; 11 – осадкоуплотнитель; 12 – горизонтальная смешительная перегородка; 13 – трубопровод подачи реагентов; 14 – зона смешения; 15 – сопла.

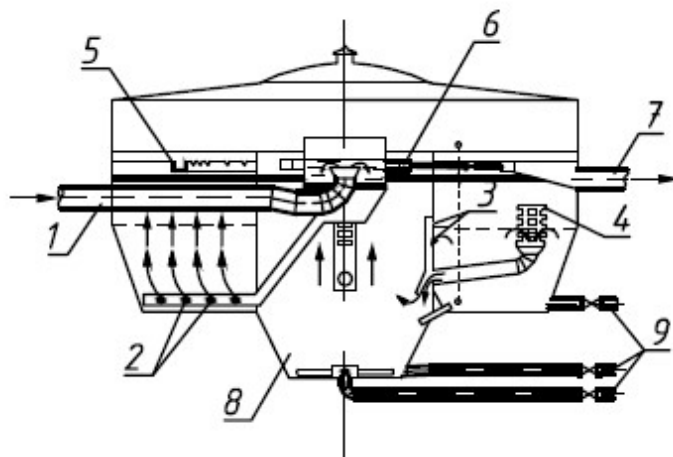


Рисунок 1.17 - Осветлитель ЦНИИ - 3 [144]

1 – подвод воды; 2 – сопла водораспределителя; 3 и 4 – осадкоотводные окна; 5 – сборный желоб; 6 – отвод осветленной воды из осадкоуплотнителя; 7 – подача в; 8 – короб воды на фильтры; 9 – выпуски осадка.

Конструкции зарубежных осветлителей со слоем взвешенного осадка основаны на действии механических сил (вращение лопастей мешалок) или гидравлических (пульсация потока). Схемы зарубежных конструкций осветлителей приведены на рисунках 1.18 – 1.21.

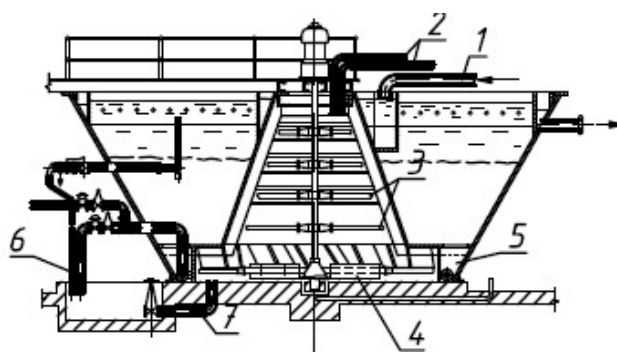


Рисунок 1.18 - Осветлитель типа «Precipitator» [91].

1 – подвод воды; 2 – подвод реагентов; 3 и 4 – механическая мешалка; 5 – осадкоуплотнитель; 6 – сброс осадка.

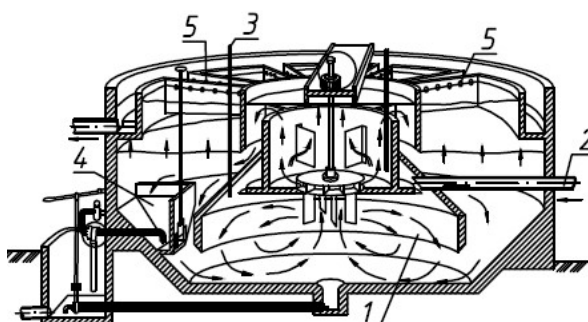


Рисунок 1.19 - Осветлитель типа «Accelerator» [144]

1 – камера хлопьеобразования; 2 – подводящий трубопровод; 3 – трубопровод подвода реагентов; 4 – осадкоуплотнитель; 5 – отверстия желобов сбора осветленной воды.

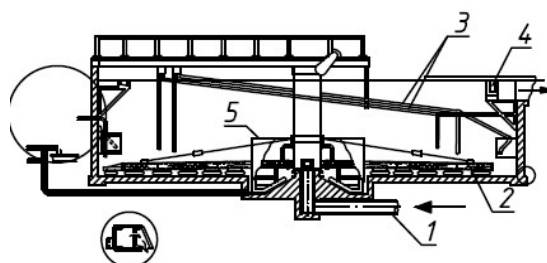


Рисунок 1.20 - Осветлитель типа «Hydro-Treator» [94]

1 – подвод исходной воды; 2 – распределительная система; 3 – трубопровод подвода реагентов; 4 – сборный желоб; 5 – осадкоуплотнитель.

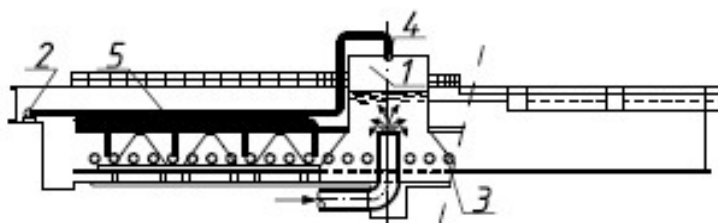


Рисунок 1.21 - Осветлитель – «пульсатор» с пульсирующим движением воды (Франция)

[91]

1 – центральный распределительный колокол; 2 – вакуум - насос; 3 – дырчатые распределительные трубы; 4 – воздушный клапан.

Описание особенностей перечисленных конструкций зарубежных осветителей приведено в таблице 1.4.

Для улучшения работы осветителей в период низких температур на водах малой мутности и средней цветности отечественными учеными была разработана конструкции осветителя с рециркуляцией осадка (рисунок - 1.22). Рециркуляция осуществляет добавку механических примесей, ускоряет формирование контактной среды в начале работы осветителей и повышает плотность хлопьев взвеси [94].

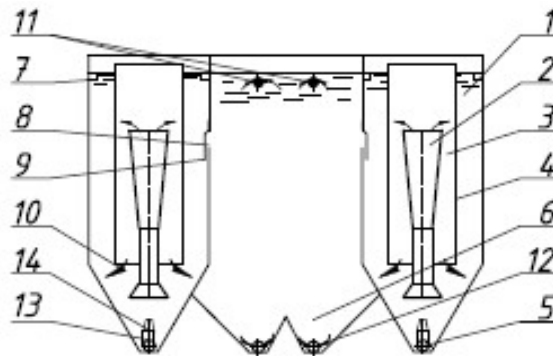


Рисунок 1.22 - Осветитель – рециркулятор [94]

1 – рабочая камера; 2 – смеситель; 3 – камера хлопьеобразования; 4 – направляющий аппарат; 5 – распределительная трубка; 6 – осадкоуплотнитель; 7 – лоток; 8 – окна; 9 – защитный козырек; 10 – слой взвешенного осадка; 11 – трубы для перепуска взвешенного осадка; 12 – трубы для выпуска уплотненного осадка; 13 – патрубок; 14 – сопло.

Еще одной конструкцией, позволяющей интенсифицировать работу осветителей со слоем взвешенного осадка, является размещение в защитном слое тонкослойных модулей, предназначенных для осветления вод малой и средней мутности и цветности на водоочистных станциях муниципального водопровода и промышленного водоснабжения [117]. Схема данного сооружения приведена на рисунке 1.23.

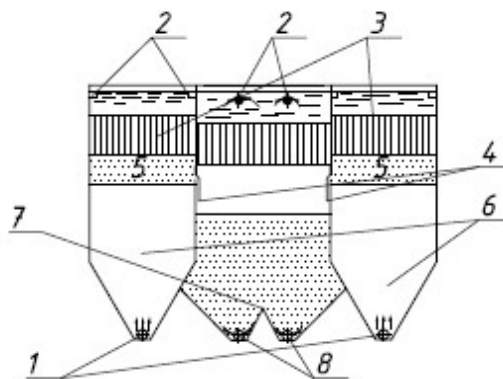


Рисунок 1.23 - Осветитель, оборудованный тонкослойными блоками [117]

1 - подача исходной воды; 2 - отвод осветленной воды; 3 – тонкослойные блоки; 4 – окна для отвода осадка; 5 – зона сползания осадка; 6 – зона взвешенного осадка; 7 – зона накопления осадка; 8 – удаление осадка.

Для очистки вод малой мутности и высокой цветности учеными из Новосибирской академии строительства и архитектуры была разработана установка включающая процессы контактной коагуляции, осветления в слое взвешенного осадка, применение тонкослойных модулей в реакторе – осветлителе НГАСУ [19, 27, 128]. Для эффективной очистки воды маломутных высокоцветных вод поверхностных источников необходим минимально взвешенный слой промываемой и многократно используемой контактной загрузки, выполняющей функцию замутнителя и фильтрующего материала. В качестве контактной загрузки используется кварцевый песок или любой другой мелкозернистый материал [19]. Конструкция реактора-осветлителя НГАСУ приведена на рисунке 1.24.

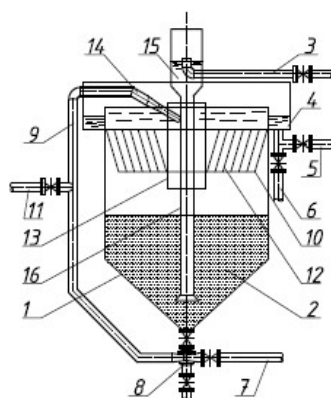


Рисунок 1.24 - Реактор – осветлитель НГАСУ [19]

1 – корпус; 2 – контактная загрузка; 3 – трубопровод исходной воды; 4 – сборный желоб; 5 – трубопровод осветленной воды; 6, 7 – трубопроводы отведения и подачи промывной воды; 8 – гидроэлеватор; 9 – трубопровод транспортирования пульпы; 10 – коническая диафрагма; 11 – трубопровод выпуска пульпы; 12 – тонкослойный модуль; 13 – полупогружной цилиндр; 14 – воздушный эжектор; 15 – воздухоотделитель; 16 – опускающая распределительная труба.

Особенное место среди конструкций осветлителей занимают комбинированные сооружения, включающие процессы осветления в слое взвешенного осадка и пропуск осветляемой воды через пенополистирольную загрузку. Конструкции данных сооружений представлены на рисунках 1.25-1.28.

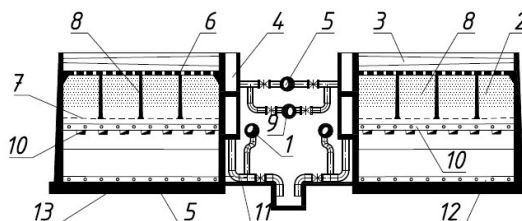


Рисунок 1.25 - Осветлитель коридорного типа с плавающим фильтром [16]

1 – подача исходной воды; 2 – плавающий фильтр; 3 – лотки; 4 – карман; 5 – коллектор чистой воды; 6 и 7 – сетки; 8 – перегородки; 9 – напорный коллектор для подачи промывной воды; 10 и 11 – трубопроводы для отвода промывной воды; 12 - щебень.

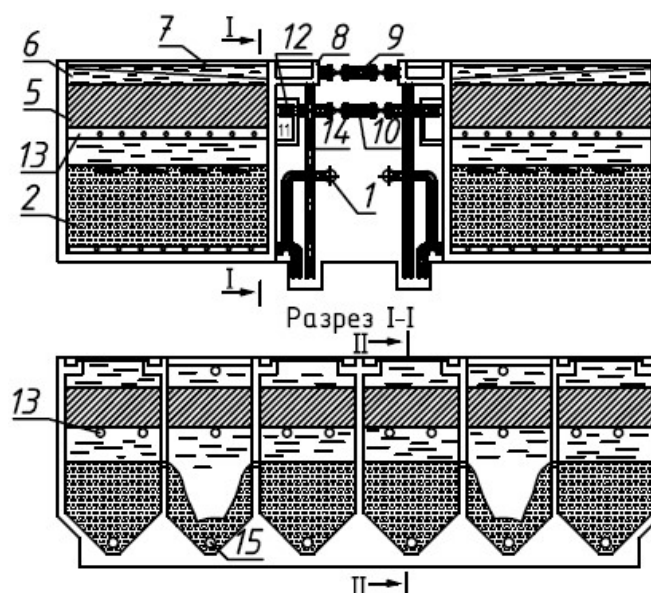


Рисунок 1.26 - Схема комбинированного сооружения осветлитель – фильтр [16]

1 – подача исходной воды; 2 – взвешенный слой; 3 – зона осветленной воды; 4 – ложное дно; 5 – песчаный фильтр с убывающей крупностью зерен; 6 – фильтрат; 7 – сборные желоба 8 – канал для сбора осветленной воды; 9 – трубопровод фильтрата; 10 – подающий трубопровод промывной воды; 11 – распределительная камера; 12 – патрубки с отверстиями; 13 – дренаж большого сопротивления с горизонтальной компенсацией; 14 – трубопровод для сброса промывной воды; 15 – сброс осадка.

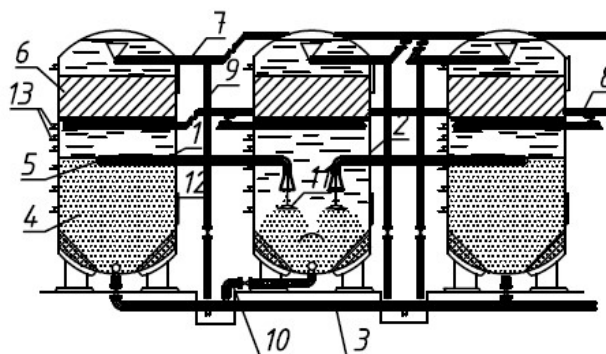


Рисунок 1.27 - Схема комбинированного сооружения осветлитель – фильтр [16]

1 – осветлители-фильтры; 2 – выносной осадкоуплотнитель; 3 – подвод исходной воды; 4 – слой взвешенного осадка; 5 – кольцевая дырчатая труба для отвода избыточного шлама; 6 – фильтрующая загрузка; 7 – отвод фильтрата; 8 – подвод промывной воды; 9 – сброс воды при промывке фильтра; 10 – трубопровод сброса уплотненного осадка; 11 – отражательный щит; 12 – лаз; 13 – контрольные краны.

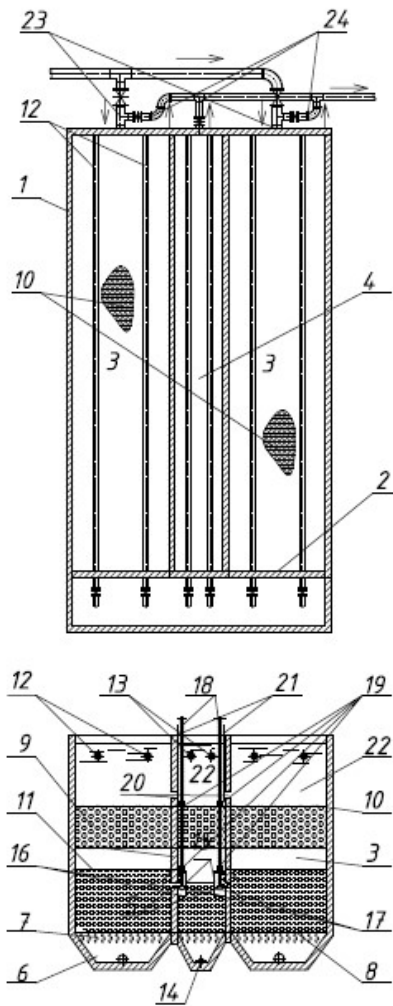


Рисунок 1.28 - Осветлитель – фильтр [16]

1 – корпус; 2 – вертикальные перегородки; 3 – боковые коридоры освещения; 4 – центральный коридор для накопления и удаления осадка; 5 – осадкоотводящие окна; 6 – контактные камеры хлопьеобразования; 7 – синтетическая волокнистая загрузка; 8 – решетки; 9 – фильтр с плавающей загрузкой; 10 и 11 – верхняя и нижняя сетки соответственно; 12 и 13 – трубопроводы отвода очищенной воды; 14 – карман для сбора очищенной воды; 15 – коллекторы для сбора и отвода осадка; 16 – выпускные отверстия; 17 – клапан; 18 - рулевая колонка со штоком; 19 – отверстия с сальниковыми уплотнителями; 20 – водоперепускные отверстия; 21 – шибер; 22 – надфильтровое пространство; 23 – трубопровод подвода воды на осветление; 24 – трубопровод отвода осадка и отвода промывной воды.

Анализ, представленных рисунков различных конструкций перечисленных осветлителей со слоем взвешенного осадка, показал, что практически все они имеют различные особенности, преимущества и недостатки которых приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Основные сведения по конструкциям осветлителей

| Наименование конструкции, номер рисунка, год, автор   | Недостатки   | Преимущества   |
|---|--|--|
| 1   | 2  | 3  |
| Диффузор-осветлитель (рисунок - 1.6 а) с вынесенным шламоуплотнителем б) с периферийным) 1936 Е.Ф. Тетеркин [94]. | Малая производительность; большая чувствительность к температурным колебаниям; максимальный угол конусности $30...40^\circ$ , необходимый для предотвращения отрыва потоков воды от стенок аппарата, ограничивал по площади выходного сечения при приемлемой высоте осветлителя, и как следствие максимальный диаметр осветлителя составлял $4...5м$ , производительность $70 м^3/час$ . | Получили широкое применение в промышленности водоснабжении и для умягчения воды.                                   |
| Осветлитель с дырчатым дном и гравитационным отбором осадка (рисунок - 1.7) [16].                                 | Влияние температурных колебаний на устойчивость работы осветлителей; длинный путь при прохождении хлопьями гидроокиси от периферии к центру осветлителя, что нарушает гидравлический режим работы, приводит к размельчению хлопьев к выносу их из осветлителя.   |  |
| Ячейковый осветлитель (рисунок - 1.8) [16].   | Сложность конструкции, несовершенная система по удалению избыточного шлама затрудняли ее применение.   | Работает при скорости $1,2...1,5 м/с$ незначительно подвержен изменению температурного режима.                     |
| Осветлитель ВНИИ ВОДГЕО (рисунок - 1.9) [94].   | Метод принудительного отвода осадка из взвешенного слоя осветлителя. Удаление осадка через перфорированную трубу, расположенную по кругу на дне шламоуплотнителя, что при большем диаметре осветлителя создает затруднение для удаления осадка.  | Благоприятная для удаления осадка кольцевая коническая форма.<br>$Q=50...100 м^3/ч$<br>осветление, обесцвечивание. |
| Осветлитель ВНИИГС-1 (рисунок - 1.10) 1952-1953 год [71, 74, 75, 87, 88].   | Кольматация дренажных систем при осветлении воды, с содержанием взвеси $>200мг/л$ ; снижение коэффициента объемного использования; загнивание при наличии в осадке органических веществ; завалы осадка в плоскости дырчатого дна; затруднительный отвод уплотненного осадка с плоского дна; большая высота сооружения; затруднение с пуском осветлителя.                                 |  |

| 1  | 2  | 3  |
|--|--|--|
| Осветлитель – конструкции М.П. Васильченко [16] или осветлитель с поддонным осадкоуплотнителем (рисунок - 1.11). | Плоское дно осветлителя создает затруднения при удалении осадка из осадкоуплотнителя. Наличие дырчатого днища имеет ряд недостатков: усложняется монтаж и эксплуатация осветлителя, увеличивается расход металла. При снижении восходящей скорости между распределительными трубами и дырчатым дном образуются неравномерные скопления осадка, не только нарушающие его работу, но и способствуют выключению осветлителя из работы.  | Увеличение площади рабочей зоны позволяет увеличить скорость восходящего потока до <i>1,5...1,9 мм/с.</i>                      |
| Осветлитель ВНИИГС-2 (рисунок - 1.12) 1955-1956 год [120-122].   | Затруднения при удалении осадка, вследствие значительной величины угла естественного откоса осадка <i>50...80°</i> ; сложная система труб для удаления осадка; большой % воды, отсасываемый в осадкоуплотнитель; несовершенное удаление осадка с плоского дна осадкоуплотнителя; высота осветлителя <i>6,5...7 м.</i> Неблагоприятные условия для формирования взвеси, которая при дальнейшем движении через распределительную систему осветлителя подвергается разбиванию, что снижает способность взвеси к структурообразованию и адгезии, особенно при температуре более <i>8...10°С</i> , когда формирование взвеси протекает быстро и в распределительную систему осветлителя поступают крупные коагулированные хлопья. Уменьшает пропускную способность и эффект работы. | Содержание взвешенных веществ до <i>3000 мг/л</i> ; скорость восходящего потока возрастает с <i>1,2...1,5 до 2,4...3 мм/с.</i> |
| Двухъярусный концентрический осветлитель конструкции Л.А. Кульского (рисунок - 1.13).                            | Постоянство восходящей скорости движения воды в нижнем и верхнем его сечениях, что не позволяет поддерживать необходимую концентрацию взвешенных веществ и в рабочем слое нижнего и верхнего яруса.<br>Большие затруднения с пуском осветлителя после его остановки.   |  |
| Двухъярусный концентрический осветлитель конструкции Л.А. Кульского (рисунок - 1.13).                            | Постоянство восходящей скорости движения воды в нижнем и верхнем его сечениях, что не позволяет поддерживать необходимую концентрацию взвешенных веществ и в рабочем слое нижнего и верхнего яруса.<br>Большие затруднения с пуском осветлителя после его остановки.   |  |
| Осветлитель ВОДГЕО, ГПИ-1 (рисунок - 1.14) [94].   | Имеет круглую форму, что ограничивает компоновочные решения совместно со скорыми фильтрами.  | Большая высота осадка улучшает условия уплотнения осадка, а малая площадь шламоуплотнителя облегчает его удаление.             |



| 1   | 2  | 3   |
|---|--|---|
| <p>Осветлитель коридорного типа Водоканалпроект - Гипрокоммунводоканал (рисунок - 1.15) [90].</p> | <p>При маломутной и цветной воде процесс хлопьеобразования протекает малоэффективно, для его интенсификации нижнюю коническую часть осветлителей загружают гравием или щебнем; по конструктивным показателям для металлических и железобетонных осветлителей более выгодна круглая форма.</p> <p>Вода смешивается с реагентом до поступления ее в аппарат, данное решение упрощает дозирование, но выделение из раствора продуктов процесса водообработки происходит в условиях свободного объема, при отсутствии частиц контактной среды, что создает неблагоприятные условия для формирования взвеси, которая при дальнейшем движении через распределительную систему осветлителя подвергается опасности разбивания. Отвод избытка взвеси с одной плоскости у верхней границы контактной среды</p> | <p>Типовые проекты от 3...27 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Получили широкое применение, за счет хорошей компоновки со скорыми фильтрами в главном корпусе ВОС</p> |
| <p>Осветлитель типа ЦНИИ – 1 (рисунок - 1.16).<br/>Е.Ф. Кургаев [93, 94]</p>                      | <p>Сложность конструкции: принудительный отсос осадка в выносной шламоуплотнитель.</p>   | <p>Применение для умягчения воды без подогрева и обескремнивания.</p>   |
| <p>Осветлитель ЦНИИ – 3 (рисунок - 1.17) [107]<br/>Е.Ф. Кургаев [94].</p>                         | <p>Производительность 1230 м<sup>3</sup>/ч, площадь 585 м<sup>2</sup>. Содержание взвеси от 20...1000 мг/л. Остаточное содержание взвеси - 3...5 мг/л. Формирование контактной среды, получение осветленной воды хорошего качества через 3...6 часов после первоначального пуска.</p>  | <p>Применение для осветления и реагентного умягчения воды теплоэнергетических станций.</p>  |
| <p>Осветлитель типа «Precipitator» США (рисунок - 1.18) [94].</p>                                 | <p>При механическом перемешивании затруднено устройство развитой системы шламоотводящих приспособлений и центрального шламоуплотнителя, имеющего достаточные размеры и конструкцию, позволяющую работать с принудительным отсосом воды из контактной среды.</p> <p>В осветлитель встроен периферийный шламоуплотнитель малого объема, удаление осадка из которого затруднительно.</p> <p>При большом диаметре осветлителя механические мешалки имеют значительную разницу в скоростях движения по окружности на конце мешалки в центре, что приводит к меньшей однородности гидродинамических условий по сечению осветлителя, чем при гидравлическом перемешивании.</p>  | <p>Достоинством механического перемешивания является возможность простого регулирования его интенсивности путем изменения скорости вращения мешалки.</p>    |

| 1   | 2   | 3   |
|---|---|---|
| Осветлитель типа «Accelator» США (рисунок - 1.19) [91].                               | Реактивное действие струй, выходящих из сопел, используются для вращения распределительной системы, но высокие выходные скорости приводят к разбиванию хлопьев взвеси и распространению вращательного движения воды на всю высоту осветлителя.  | Рециркуляция осадка и его возврат из зоны осаждения в контактную зону.  |
| Осветлитель типа «Hydro-Treator» США (рисунок - 1.20) [144].                          | Вследствие малого объема шламоуплотнителей не достигается достаточного уплотнения осадка. Поэтому требуется его дополнительное отстаивание, уплотнение, обезвоживание на специальных иловых площадках, расположенных вне осветлителя. Механические приспособления для перемешивания усложняют условия эксплуатации. |   |
| Осветлитель «Pulsator» с пульсирующим движением воды (Франция) (рисунок - 1.21) [91]. | Обладает сложным механическим оборудованием и несовершенной системой многочисленных шламосборников с сифонным отводом осадка.   | Пульсирующая подача воды в систему распределительных труб.  |
| Осветлитель-рециркулятор (рисунок - 1.24).  |   | Позволяет повысить производительность сооружений на 30...60% за счет рециркуляции осадка одновременно повышается барьерная роль сооружений первой ступени очистки в отношении планктона, 90...100%.           |
| Осветлитель, оборудованный тонкослойными блоками (рисунок - 1.23).                    | Фактически в конструкции данного осветлителя отсутствует защитный слой, в нем размещены тонкослойные модули   | Сокращает занимаемую площадь на 50...90% и увеличивает удельную производительность по осветленной воде в 3...5 раз.   |
| Реактор осветлитель НГАСУ (рисунок - 1.22) [112]                                      | Нет данных о возможной производительности данного сооружения. Отсутствует информация о поведении контактной загрузки при попадании в тонкослойные модули, отсутствует защитный слой воды над слоем взвешенного осадка.  | Реактор-осветлитель сочетает в себе достоинства осветлителей со слоем взвешенного осадка и зернистых фильтров, обладает низкой эксплуатационной стоимостью, высокой производительностью и надежностью работы. |

| 1  | 2   | 3  |
|--|---|--|
| Осветлитель коридорного типа с плавающим фильтром (рисунок - 1.25) С.И. Мороз. | При незначительном изменении режима работы на фильтр будут попадать большое количество хлопьев и взвеси, так как первые слои по ходу движения наиболее мелкие, то фильтр быстро загрязняется, что требует частой промывки. Относительная малая грязеемкость $2,1 \text{ кг/м}^2$ не обеспечивает успешную работу фильтра. | Совмещение двух процессов в одном емкостном сооружении позволяет существенно экономить капитальные и эксплуатационные затраты.   |
| Комбинированное сооружение осветлитель-фильтр (рисунок - 1.26) [16].           |   | Способствует физико-химическому процессу коагуляции в слое взвешенного осадка, снижает пульсационные скорости и улучшает распределение воды по площади осветлителя. Увеличивает скорости восходящего потока на $15...18\%$ по сравнению с обычными осветлителями.  |
| Схема напорных осветлителей - фильтров (рисунок - 1.27) [16].                  |   | Исключает из схемы очистки воды отдельные сооружения, трубопроводы и арматуру подачи осветленной воды от осветлителей к фильтрам.  |
| Осветлитель-фильтр (рисунок - 1.28) [16].                                      | На базе конструкции коридорного осветлителя включены камера хлопьеобразования, загруженная волокнистой загрузкой, в верхней части осветлителя включен слой плавающей фильтрующей загрузки   | Повышенная эффективность эксплуатации сооружения за счет обеспечения требуемой интенсивности до $15 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$ , продолжительности промывки и величины относительного расширения слоя плавающей загрузки $30...50\%$ при промывке; обеспечивается экономия промывной воды за счет исключения перетока воды из подфильтрового пространства других коридоров в промываемый коридор; возрастает диапазон допустимой величины по грязевой нагрузке в исходной воде. |

Проанализировав данные, приведенные в таблице 1.4, можно сделать выводы о том, что для улучшения эксплуатационных характеристик различных типов осветлителей со слоем взвешенного осадка требуется:

- усовершенствование конструкции и методов расчета устройств распределения воды в осветлителях, которые бы могли обеспечить эффективное использование всего объема емкостного сооружения;

- повышение эффективности работы осветлителей путем применения новых реагентов и определения их доз для обеспечения стабильной работы;

- улучшение работы системы удаления осадка из шламоуплотнителя.

При расчете осветлителей заданными являются количество и качество исходной воды, и требуемый эффект осветления. К основным величинам, обеспечивающим, требуемый эффект работы осветлителя относятся: обеспечение постоянства расхода обрабатываемой жидкости, отсутствие колебаний температуры воды, что не всегда достижимо в практических условиях эксплуатации осветлителей со слоем взвешенного осадка.

### 1.5 Теоретические основы процесса фильтрации

Первые исследования процессов фильтрации воды в песчаных грунтах выполнил Анри Дарси в 1852 - 1855 г.г. [76]. Фильтрация с образованием осадка впервые подробно исследовал Гилберт Льюис в 1912 г. в предположении, что движение потока жидкости в порах осадка и фильтрующей перегородки является ламинарным [144]. Ивасаки в 1937 году в своей работе предложил, что фильтрация воды через зернистые загрузки представляет собой динамический процесс, зависящий от высоты слоя загрузки и времени фильтрации [144].

Значительно развили теорию фильтрации следующие ученые: Д.М. Минц, С.А. Шуберт, В.З. Мельцер, Е.В. Веницианов, Р.Н. Рубинштейн, Р.И. Аюкаев, В.А. Жужиков, Ю.М. Шехтман, М.Г. Журба, А.М. Фоминых, К.И. Айвес [101, 102, 100, 15, 5, 49, 56, 45, 112].

Фильтрация обрабатываемой воды, содержащей примеси, происходит через фильтрующий материал, проницаемый для воды и непроницаемый для твердых частиц. Фильтрация является завершающим этапом обработки воды и производится после ее предварительного осветления в отстойниках, осветлителях [90].

При пропуске воды через слой зернистого материала в зависимости от объема, соотношения размеров примесей воды и зерен фильтрующей загрузки может происходить три вида фильтрации [90]:

- задержание примесей на поверхности фильтрующего слоя (пленочное фильтрация), описываемое формулой А. Хазена [157]:

- задержание примесей в порах фильтрующего слоя (объемное фильтрация);

- одновременное образование примесей пленки и их отложение в порах загрузки.

Пленочное фильтрация является основой работы медленных фильтров. В основе объемного фильтрации лежит предварительное коагулирование примесей воды с целью уменьшения или ликвидации их заряда.

Фильтры по виду фильтрующей среды делят на тканевые или сетчатые, каркасные или намывные (диатомовые), зернистые (песчаные, керамзитовые и др.) [144].

Фильтры с зернистой загрузкой классифицируются по ряду основных признаков:

а) по скорости фильтрования [106]:

- медленные  $v_f=0,1 \dots 0,3$  м/ч;

- скорые  $v_f=5 \dots 12$  м/ч;

- сверхскоростные  $v_f=36 \dots 100$  м/ч.

б) по давлению, под которым они работают - открытые или безнапорные и напорные;

в) по направлению фильтрующего потока – однопоточные (обычные скорые фильтры), двухпоточные (фильтры АКХ, ДДФ), многопоточные;

г) по крупности фильтрующего материала – мелкозернистые  $d_3=0,3 \dots 1$  мм, среднезернистые  $d_3=0,5 \dots 0,8$  мм и крупнозернистые  $d_3=1 \dots 2$  мм [144];

д) по количеству фильтрующих слоев – одно, двух и многослойные;

ж) по направлению фильтрации: вертикально восходящее, вертикально нисходящее, горизонтальное [149], радиальное;

з) по месту пребывания загрузки в воде: при оседании на дно: песок, керамзит, антрацит, и при нахождении в плавающем состоянии: пенополистирол, пенополиуретан, шунгизит [106].

Сводные данные по классификации загрузки фильтров приведены на рисунке 1.29.

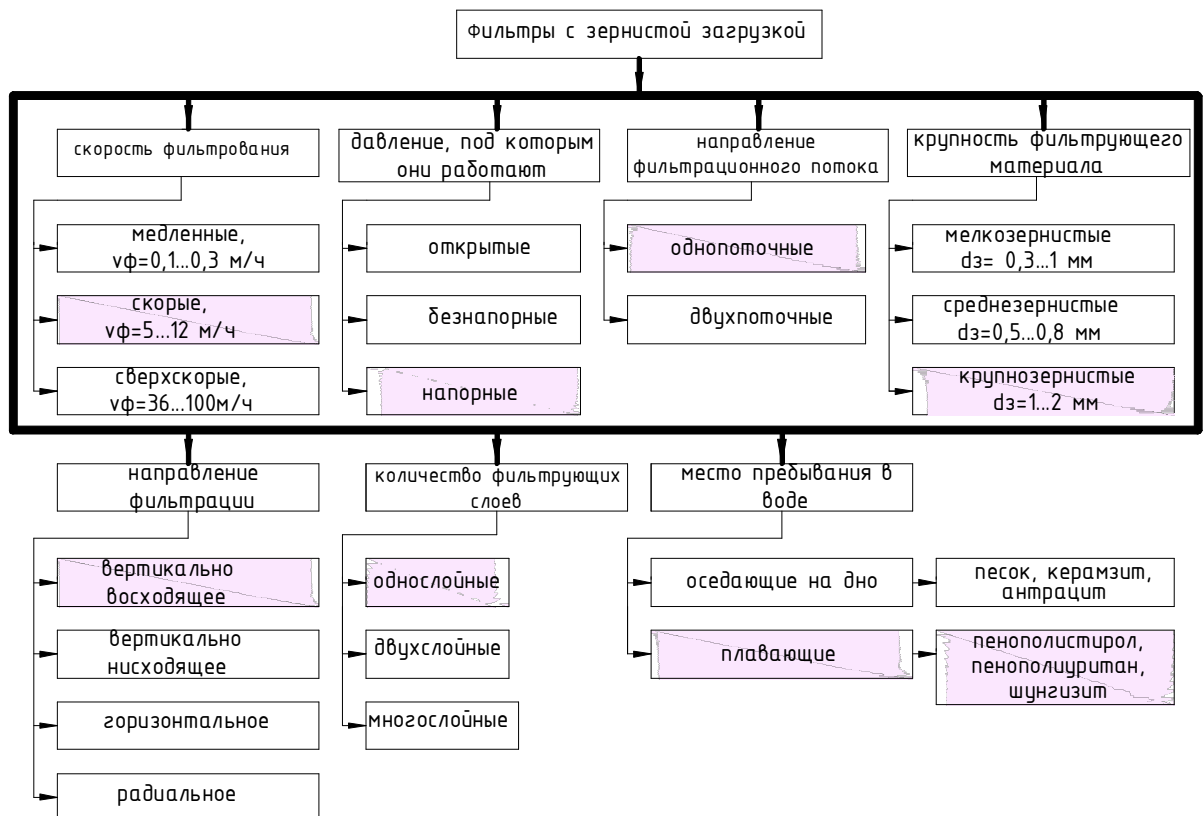


Рисунок 1.29 - Классификация фильтров с зернистой загрузкой

Фильтрующая загрузка является основным рабочим элементом фильтровальных сооружений. При выборе фильтрующего материала основополагающими являются его стоимость, возможность получения в районе строительства водоочистного комплекса и соблюдение определенных технических требований, к числу которых относятся [108, 144]:

- фракционный состав загрузки;
- степень однородности размеров ее зерен;
- механическая прочность;
- химическая стойкость материалов.

Наиболее распространенным фильтрующим материалом является кварцевый песок – речной или карьерный.

Зерна дробленого антрацита имеют меньшую плотность, чем кварцевый песок, и поэтому его обычно используют в качестве верхнего слоя загрузки двухслойных фильтров. Маркировка: АП - антрацитовая плита, АК – антрацитовый кулак, АС - мытое семечко [144]. Является сырьем металлургической и химической промышленности. Высокая стоимость ограничивает его применение в коммунальных водопроводах [22, 106].

К загрузкам с искусственной пористостью относятся: керамзит, аглопорит, шунгизит, шлаковая пемза.

Керамзит – гранулированный пористый материал, получаемый обжигом глинистого сырья в специальных печах [5, 110, 144].

Аглопорит – сыпучий пористый материал, который получают путем контактного спекания на решетках агломерационных машин гранул песчано-пористых трепелов, различных алюмосиликатных и глинистых материалов, различных пород, содержащих уголь [106].

Шунгизит производят путем обжига природного малоугленосного материала – шунгита, который по своим свойствам близок к дробленому керамзиту [144].

Шлаковая пемза – готовят путем поризации расплавленного шлака металлургических и химических предприятий [106].

Энергоемкая технология получения данных материалов затрудняет их широкое применение [22].

Материалы с естественной пористостью: вулканические шлаки.

Вулканические шлаки - материалы, образованные в результате скопления газов в жидкой остывающей лаве [40].

К материалам, с естественной пористостью, относятся отходы производства: горелые породы, гранодиорит, габбро-диабаз, гранит, бой керамики.

Горелые породы – метаморфизованные угленосные породы, подвергнутые обжигу при подземных пожарах [5, 142, 143].

Таким образом, перечисленным фильтрующим материалам присущи следующие недостатки:

- кальматация межзернового пространства;
- энергоемкая технология получения;
- удаленность получения от действующих площадок ВОС.

Данные недостатки не присущи фильтрам с плавающей фильтрующей загрузкой (ФПЗ). К категории плавающих фильтрующих зернистых загрузок относятся гранулы или зерна с замкнутоячеистыми порами диаметром  $3...12$  мм, плотность которых меньше плотности воды и которые способны пребывать неограниченное время в затопленном водой состоянии [55].

Для ФПЗ применяются: гранулированный стеклопор, дробленые пенополиуретан и пенопропилен, фторопласт и другие легкие полимерные материалы [57].

Исследования по фильтрованию с плавающей фильтрующей загрузкой были выполнены: В.Г. Ильиным, С.И. Морозом, М.Г. Журбой, Н.Н. Гиролем, В.О. Орловым, В.К. Шабратко, Н.А. Сафоновым, П.Г. Луценко, Ж.М. Говоровой, О.Б. Говоровым [105, 109, 22, 55, 62].

Основные сведения по направлению исследований с применением ФПЗ и их основные результаты приведены на рисунке 1.30, а более подробные сведения, с техническими параметрами, представлены в таблице 1.5.

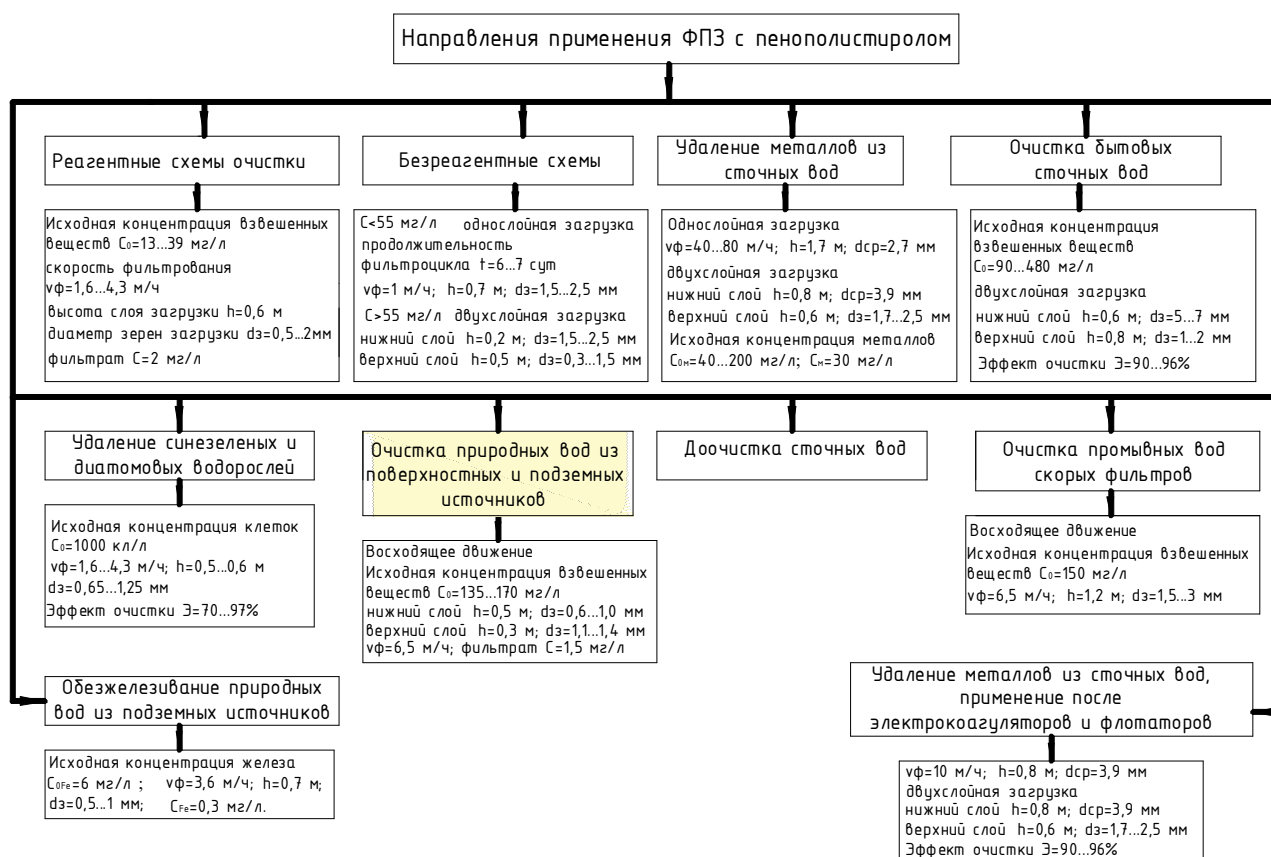


Рисунок 1.30 - Различные направления исследований, с использованием ФПЗ из пенополистирола

Сырье для приготовления плавающих загрузок получают полимеризацией капель мономера (стирола) в водной среде в присутствии газообразователя (изопентана), инициатора (перекись Лаурсила), эмульгаторов (поливиниловый спирт или поливинилпирролидон) и стабилизатора (сополимер метилметанприлата и метакриловой кислоты и сольвар), предотвращающего растущие гранулы от слипания друг с другом. Достоинством этого метода является то, что сырье снимают с автоклава большими порциями, гранулы получаются транспортабельными и могут быть рассеяны и вспенены на простом оборудовании на месте конечного применения [55].

Таблица 1.5 - Перечень направлений исследований с применением ФПЗ

| Ф.И.О. исследователя   | Область исследований   | Параметры очистки, эффект осветления  |
|--|--|---|
| 1  | 2  | 3   |
| Ильин В.Г.<br>1963 год [62].                                   | Впервые предложены гранулы пенополистирола марки ПС-Б в качестве фильтрующей загрузки. |   |
| Мороз С.И.<br>1963-1966 г.<br>[109].                           | Использование пенополистирольной загрузки в реагентной схеме очистки воды.             | 1 серия исследований: диаметр зерен загрузки $d_3=0,5...2$ мм, исследовались продолжительность фильтрации, высота слоя загрузки. 2 и 3 серия исследований: исходная мутность $C=13...39$ мг/л; продолжительность фильтроцикла $t=17$ ч, скорость фильтрования $v_\phi=1,6...4,3$ м/ч; высота слоя загрузки $h=0,6$ м; диаметр зерен загрузки $d_3=0,5...2$ мм; мутность фильтрата $C=2$ мг/л. |
| Журба М.Г.<br>1963-1966 г.<br>[51].                            | Исследование безреагентной очистки воды на фильтрах с ФПЗ снизу вверх.                 | $C < 55$ мг/л; $t=6...7$ сут; $v_\phi=1$ м/ч; $h=0,7$ м; $d_3=0,3...2,5$ мм.<br>$C > 55$ мг/л применение двухслойных фильтров: нижний слой - $h=0,2$ м; $d_3=1,5...2,5$ мм; верхний слой - $h=0,5$ м; $d_3=0,3...1,5$ мм.   |
| Мягкий Д.Д.,<br>Мороз С.И.<br>[104, 105],<br>Сенита Т.Д. [62]. | Удаление металлов из сточных вод.  | Однослойные фильтры: $v_\phi=40...80$ м/ч; $h=1,7$ м; средний диаметр частиц - $d_{cp} = 2,7$ мм;<br>двухслойные: нижний слой - $h=0,8$ м; $d_{cp}=3,9$ мм; верхний слой - $h=0,6$ м; $d_3=1,7...2,5$ мм; исходная концентрация металлов - $C_{0м}=40...200$ мг/л, концентрация металлов в фильтрате $C_m=30$ мг/л.   |
| Шабратько В.К.<br>[147].                                       | Очистка бытовых сточных вод.   | Исходная концентрация взвешенных веществ - $C_0=90...480$ мг/л; температура воды $12...18$ °С; двухслойная загрузка фильтров: нижний слой - $h=0,6$ м; $d_3=5...7$ мм; верхний слой - $h=0,8$ м; $d_3=1...2$ мм; Эффект очистки - $\mathcal{E}=90...98\%$ .   |



| 1   | 2  | 3  |
|---|--|--|
| Ильин В.Г.,<br>Журба М.Г.,<br>Луценко П.Г.,<br>Якимчук Н.Г. [68]. | Удаление сине-зеленых и диатомовых водорослей.   | Исходная концентрация клеток - $C_0=10000$ кл/л; $v_\phi=5...8$ м/ч; $h=0,5...0,6$ м; $d_3=0,65...1,25$ мм; эффект очистки - $\Xi=70...97\%$ .   |
| Журба М.Г. [55],<br>Сафонов Н.А. [62].                            | Обезжелезивание вод из подземных источников.   | Обезжелезивания: $v_\phi=10...15$ м/ч; $h=1,2$ м; $d_3=0,5...1$ мм; содержание железа общего - $C_{Fe}=1,2...11,6$ мг/л; железа - $C_{Fe^{3+}}=0,4...8,5$ мг/л; эффект очистки - $\Xi=95\%$ .  |
| Журба М.Г.,<br>Луценко П.Г. [62].                                 | Очистка воды для технических целей   | Исходная концентрация взвешенных веществ - $C_0=1200...1500$ мг/л; загрузка фильтров: $h=0,6$ м; $d_3=1,7...3$ мм; $v_\phi=4,1$ м/ч; $C=37$ мг/л.  |
| Пятикоп Ю.В.,<br>Дяченко В.Д. [62, 130].                          | Применение в качестве фильтров водозаборных скважин.   | Разработаны рекомендации по применению пенополистирола в качестве обсыпки фильтров водозаборных скважин.   |
| Журба М.Г.,<br>Мезенева Е.А. [98],<br>Чудновский С.М. [62].       | Применение в качестве фильтрующих оголовков русловых водозаборов.  | Изучены гидравлические закономерности при движении через крупногранульную пенополистирольную загрузку высота слоя загрузки - $h=0,3$ м; $d_3=2...8$ мм; скорость фильтрования воды в оголовке $v_\phi=30...150$ м/ч.   |
| Бабаев И.Л.,<br>Ганбаров Э.С. [62, 21].                           | Установка «Плотфильтр», размещаемая непосредственно в водоисточнике, для очистки высокоомутных природных вод.  | Исходная концентрация взвешенных веществ - $C_0=400...4270$ мг/л; температура воды $15...18$ °С; высота слоя загрузки - $h=0,3$ м; эквивалентный диаметр гранул - $d_3=1,2$ мм; Эффект очистки - $\Xi=97,8\%$  |
| Корабельников В.М.<br>Мельцер З.Р. [62].                          | Модернизация установки «Струя» на «Полимермоноблок».   | Установка предназначена для очистки поверхностных и подземных вод: обесфторивание, осветление, обесцвечивание для муниципальных водопроводов.  |
| Вольфтруб Л.И. [62; 113].   | Исследование контактных камер хлопьеобразования с крупногранульным кусковым пенопластом, разработка установки для очистки воды, совмещающей процессы отстаивания и фильтрования. | Разработка установки, включающей контактную камеру хлопьеобразования с крупногранульной загрузкой из пенополистирола с $d_3=30...40$ мм; отстойник, оборудованный тонкослойными модулями и фильтр, представленный пенополистиролом $d_3=0,8...2$ мм. Снижение загрязнений на $50...60\%$ . Снижен расход промывных вод $20...30\%$ |

| 1                         | 2   | 3  |
|---------------------------|---|--|
| Журба М.Г.<br>[54, 55].   | Удаление металлов из сточных вод, применение после электрокоагуляторов и флотаторов.  | $v_{\phi}=10$ м/ч; $h=0,8$ м; $d_3=1...2$ мм; применение двухслойных фильтров: нижний слой - $h=0,8$ м; $d_{cp}=3,9$ мм; верхний слой - $h=0,6$ м; $d_3=1,7...2,5$ мм; эффект очистки - $\mathcal{E}=90...96\%$  |
| Гироль Н.Н.<br>[22].      | Доочистка сточных вод, исследование распределительной системы.  | Мутность фильтрата $C=30$ мг/л; БПК= $15...20$ мгО <sub>2</sub> /л.  |
| Орлов В.О.<br>[109, 110]. | Очистка природных вод из поверхностных и подземных источников, обезжелезивание.   | Восходящее движение: исходная концентрация взвешенных веществ $C_0=135...170$ мг/л; нижний слой - $h=0,5$ м; $d_3=0,6...1$ мм; верхний слой - $h=0,3$ м; $d_3=1,1...1,4$ мм; $v_{\phi}=6,5$ м/ч; фильтрат $C=1,5$ мг/л. Обезжелезивания: $v_{\phi}=3,6$ м/ч; $h=0,7$ м; $d_3=0,5...1$ мм; содержание железа – $C_{Fe}=6$ мг/л; фильтрат $C_{Fe}=0,3$ мг/л. |
| Говорова Ж.М.,            | Технологии подготовки питьевых вод из поверхностных и подземных водоисточников, содержащих антропогенные примеси.   |  |
| Говоров О.Б.<br>[30]      | Исследование работы биореакторов двух типов со струйным дождеванием и струйной вакуумной эжекцией с последующим фильтрованием через пенополистирольную загрузку для обезжелезивания подземных вод | $v_{\phi}=5...8$ м/ч; толщина рабочего слоя $h=1,5...1,6$ м; для ФПЗ-1 $d_3=0,7...1,5$ мм; для ФПЗ-4 $d_3=1,5...4$ мм; ч; исходное содержание железа – $C_{Fe}=1,7...2,3$ мг/л; фильтрат $C_{Fe}=0,5...0,05$ мг/л.   |
| Бойчук С.Д. [23]          | Очистка промывных вод скорых фильтров   | Восходящее движение: исходная концентрация взвешенных веществ - $C_0=150$ мг/л; $v_{\phi}=6,5$ м/ч, $h=1,2$ м; $d_3=1,5...3$ мм; продолжительность фильтроцикла $t=13$ ч.  |

В настоящее время наиболее часто используются вспененные гранулы полистирола марок ПСВ и ПСВ-С, а также их модификации.

Для получения пенополистирольных гранул с модифицированной поверхностью исходное сырье смешивают в различных пропорциях со вспенивающимися агентами, инициаторами и другими добавками, меняют режим и продолжительность вспенивания [54].

Приготовление плавающей фильтрующей загрузки из гранул пенополистирола заключается в предварительном расसेве бисера, его вспенивании и охлаждении в заданном технологическом режиме. При вспенивании бисера без предварительного рассева вспененные гранулы впоследствии подвергаются гидравлической классификации в нисходящем потоке воды, основанной на разности кажущихся плотностей вспененных гранул различного диаметра [108].

Степень расширения гранул, характеризуемая отношением объема вспененных гранул к объему исходных, зависит от вида и содержания вспенивающегося агента в исходном продукте, вида и температуры теплоносителя, продолжительности и условий протекания процесса вспенивания в различных аппаратах [57].

Фильтрующий материал водоочистных установок и сооружений должен обладать достаточной физико-механической и химической прочностью, малой водопоглощаемостью, хорошо отмываться от прилипших к его поверхности взвешенных веществ, обеспечивать при заданных гранулометрическом составе и толщине загрузки требуемый эффект очистки воды. Последний показатель в значительной степени зависит от площади удельной поверхности гранул и межзерновой пористости слоя загрузки [57].

Гранулы пенополистирола состоят из слоев полимерной основы, образующей стенки замкнутых ячеек разнообразной формы, заполненных газом. Объем внутренних газовых пор составляет 96...98 %.

Пенополистирол марок ПСВ и ПСВ-С устойчив по отношению к действию сильных (за исключением азотной) и слабых кислот и минеральных агрессивных сред. Гранулы высокоустойчивы по отношению к водопроводной и морской воде [104].

Разрушается пенополистирол под действием эфиров, кетонов, и ароматических углеводов, набухает в бензине и маслах.

Гранулы пенополистирола не поддаются гниению, обладают высокой стойкостью к действию грибков и микроорганизмов. Заращение загрузки фитопланктоном возможно лишь при условии длительного простоя, солнечной радиации и прогрева фильтров на открытом воздухе. После отмывки загрузки раствором хлорной извести гранулы снова приобретают белый цвет. Грибковому поражению гранулы не подвергаются, их кажущаяся плотность не изменяется.

Гранулы дробленого пенополистирола обладают более развитой поверхностью по сравнению с гранулами недробленого пенополистирола.

Если удельная поверхность песка или зерен другого природного фильтрующего материала зависит, в первую очередь, от физико-химического состава минерального сырья и его обработки, то удельная поверхности пенополистирольных гранул в значительной мере

обусловлена наличием в исходном продукте вспенивающего агента и условиями вспенивания (температура, продолжительность, вид теплоносителя и др.) гранул.

В начале фильтрующего процесса, когда зерна или гранулы загрузки еще не покрыты тонкодисперсными частицами взвешенных веществ, на механизм доставки и закрепления тонкодисперсных и коллоидных взвешенных частиц на поверхности зерен существенное влияние оказывают знаки и значения потенциала поверхности частиц и загрузки, кинетическая и агрегативная устойчивость коллоидных частиц [4]. Грубодисперсные частицы задерживаются в результате механического перехвата, осаждения и инерции [108].

Затем зерна загрузки разной формы покрываются монослоем прилипших к ним коллоидных и тонкодисперсных взвешенных частиц. На этой стадии процесса кинетика осветления воды в значительной степени зависит от устойчивости коллоидных частиц и характера протекания адгезионных и аутогезионных процессов [144].

Накапливаемый в загрузке осадок имеет тенденцию заполнять, в первую очередь, застойные зоны и боковые пространства поровых каналов, сужающихся по мере накопления в них взвешенных частиц.

В слое загрузки образуется частично невымываемый и вымываемый осадок. Чем больше площадь поверхности зерен и поровых каналов, тем больше продолжительность времени достижения предельных потерь напора в загрузке при других одинаковых параметрах фильтрационного осветления воды [55].

С увеличением продолжительности фильтрования накапливаемый в порах загрузки осадок уплотняется и «старееет».

По мере сужения поровых каналов и застойных зон истинная скорость потока возрастает до предельно критического значения, после достижения, которого силы отрыва начинают преобладать над силами прилипания по всей высоте загрузки. После этого происходят вынос загрязнений в фильтрат и снижение эффективности или полное прекращение осветления воды.

В зависимости от качества исходной воды и технологических параметров работы различных плавающих загрузок используются следующие схемы очистки питьевой воды на них [4]:

- двухступенчатая схема очистки в отстойниках, осветлителях со взвешенным осадком, флотаторах и других сооружениях первой ступени с последующей доочисткой на фильтрах с плавающей загрузкой;

- двухступенчатая схема фильтрования через плавающие загрузки, реализуемая последовательно на отдельных префильтрах и фильтрах, или в одном комбинированном сооружении;

- одноступенчатая схема контактного фильтрования воды с осуществлением процесса коагуляции коллоидных и тонкодисперсных взвешенных веществ в толще загрузки или непосредственно перед ней.

В отличие от тяжелых зернистых загрузок плавающая загрузка не находится в непосредственном контакте с нижней сборной системой промывной воды. Это уменьшает металлоемкость систем, позволяет отказаться от применения в фильтрах дренажа большого сопротивления и специальных промывных насосов.

Гранулированную пенополистирольную загрузку (из одного исходного продукта – бисерного полистирола марки ПСВ или ПСВ-С, централизованно поставляемого изготовителем) получают с различными параметрами как по диаметру ( $d_3=0,3...12$  мм), так и по плотности (от  $\rho=50...300$  кг/м<sup>3</sup> до  $\rho=20...30$  кг/м<sup>3</sup>). Регулируя температуру и продолжительность вспенивания, а затем режим выдержки вспененных гранул на открытом воздухе, можно получить неоднородную загрузку требуемого гранулометрического состава даже из исходного полистирола с гранулами примерно одинакового диаметра  $d_3=0,15...2,8$  мм. Из 1 тонны исходного сырья на месте использования получается до  $10...30$  м<sup>3</sup> плавающей загрузки [55].

Малая кажущаяся плотность и небольшое водопоглощение позволяет, вспененным гранулам полистирола и подобных ему материалов эксплуатироваться неограниченное время в затопленном плавающем состоянии и легко транспортироваться потоком воды в корпус фильтра.

В отличие от вектора силы тяжести тяжелых фильтрующих материалов вектор силы тяжести, задержанных в порах загрузки, загрязнений в процессе промывки совпадает с вектором нисходящего движения промывного потока, вследствие чего повышается эффективность отмывки загрузки и сокращается ее продолжительность. Благодаря перечисленным выше преимуществам пенополистирольной плавающей загрузки, происходит снижение эксплуатационных затрат при ее применении по сравнению с применением обычных зернистых фильтров на  $20...45$  % [55].

В практики очистки поверхностных вод известны конструкции ФПЗ, которые позволяют использовать подфильтровое и надфильтровое пространство (в зависимости от принятого направления фильтрационного потока) для размещения в них блоков хлопьеобразования, отстаивания и осветления в слое взвешенного осадка, электрокоагулирования, флотации, аэрации очищаемой воды, удаления грубых примесей с помощью центробежных сил [55].

При применении пенополистирольной загрузки требуется более тщательное крепление верхней распределительной системы фильтров, удерживающей плавающую загрузку от всплытия в надфильтровое пространство [22]. В случае нисходящего фильтрования

высокоомутных вод при нарушении правил эксплуатации фильтров может происходить заиливание гравийного слоя, применяемого для присыпки решеток верхней распределительной системы.

### 1.5.1 Математические модели фильтрования

В работе [102] приведена система дифференциальных уравнений фильтрования из уравнений материального баланса и уравнения динамики роста потерь напора, предложенная Д.М. Минцем и получившая наибольшее распространение для описания технологического процесса фильтрования:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial^2 C}{\partial x \partial t} + a \frac{\partial C}{\partial x} + b \frac{\partial C}{\partial t} &= 0; \\ \frac{\partial^2 \sigma}{\partial x \partial t} + a \frac{\partial \sigma}{\partial x} + b \frac{\partial \sigma}{\partial t} &= 0; \\ h &= h_0 + \int_0^l i(x, t) dx, \end{aligned} \right\}, \quad (1.1)$$

где  $C$  – текущая концентрация взвеси в воде;  $x$  – координата в слое загрузки фильтра;  $t$  – продолжительность фильтрования;  $\sigma$  – объем осадков в порах загрузки фильтра;  $a$ ,  $b$  – коэффициенты прилипания и отрыва частиц взвеси;  $h$ ,  $h_0$  – потери напора в загрязненной и чистой загрузке;  $l$  – толщина (высота) слоя загрузки.

Система дифференциальных уравнений, принадлежащая Е.В. Веницианову и Р.Н. Рубинштейну [15], для фильтрования воды с однокомпонентными и двухкомпонентными загрязнителями, состоящая из уравнений баланса для каждой  $i$ -ой фракции взвеси и уравнения кинетики формирования осадков, вымываемых и невымываемых из пор загрузки фильтра:

$$\left. \begin{aligned} v \frac{\partial C_i}{\partial x} + \frac{\partial \sigma a_i}{\partial t} + \frac{\partial \sigma n_i}{\partial t} &= 0; \\ \frac{\partial \sigma a_i}{\partial t} &= \beta a_i (C_i - \frac{\sigma a_i}{\Gamma a_i}); \\ \frac{\partial \sigma n_i}{\partial t} &= \beta n_i C_i \varphi(\sigma n_1; \sigma n_2), \end{aligned} \right\}, \quad (1.2)$$

где  $v$  – скорость движения воды;  $\sigma a$ ,  $\sigma n$  – объем вымываемого и невымываемого осадка;  $\Gamma a_i = \frac{\sigma a}{C_0}$  – константа изотермы адсорбции;  $C_0$  – начальная концентрация взвеси на входе в фильтр;  $\beta a$ ,  $\beta n$  – коэффициенты прилипания и отрыва частиц.

Дифференциальное уравнение для концентрации взвеси с учетом изменения пористости чистой и заработанной загрузки составил А.К. Деб [153]:

$$v \frac{\partial C}{\partial t} + (1 - m_s) \frac{\partial \sigma}{\partial t} + (m_0 - \sigma) \frac{\partial C}{\partial t} = 0, \quad (1.3)$$

где  $m_0, m_s$  – пористость чистой и эксплуатируемой загрузки.

Дифференциальное уравнение для объема осадка, предложенное А. Авнером и М. Ребханом [153]:

$$\frac{\partial \sigma}{\partial t} = k_1 v C (\sigma_{np} - \sigma) - k_2 \sigma I, \quad (1.4)$$

Установленная К. Айвесом [158] модель, предполагающая нелинейный рост степени извлечения из осветляемой воды взвешенных веществ:

$$\frac{\partial C}{\partial x} = b \left( a_1 + a_2 q \frac{a_3 q_2}{m_0 q} \right) C_0, \quad (1.5)$$

$$v \frac{\partial C}{\partial \sigma} = \sigma' C, \quad (1.6)$$

$$\sigma' = f(\sigma_{0C}, v, d), \quad (1.7)$$

Приведенные уравнения моделей динамики фильтрационного потока составлены из предположений, что удаляемая из воды взвесь имеет монодисперсный характер, загрузка фильтра и образующийся в ней осадок однородны по составу, скорость фильтрования и физико-химический состав вод в течение фильтроцикла не изменяется [58].

Приведенное Д.М. Минцем дифференциальное уравнение для плотности насыщения процесса осветления малоконцентрированной суспензии в слое кварцевой загрузки подходит для всех типов загрузки:

$$\frac{\partial^2 \rho}{\partial x \partial t} + a \frac{\partial \rho}{\partial x} + b \frac{\partial \rho}{\partial x} = 0, \quad (1.8)$$

где  $\rho$  – плотность насыщения загрузки осадком;  $x$  – толщина слоя загрузки;  $a$  и  $b$  – параметры фильтрования.

Решение уравнение (1.8) Д.М. Минцем представляется в виде:

$$\frac{C}{C_0} = e^{-bx}, \quad (1.9)$$

где  $C_0$  – начальная концентрация загрязнений;  $b$  – параметр фильтрования;  $x$  – толщина слоя загрузки;  $C$  – концентрация загрязнений в текущий момент времени.

- Ю.М. Шехтман представляет решение уравнения (1.8) в виде:

$$\frac{C}{C_0} = \frac{e^N C_0 t}{e^{NC_0 t} + e^{NB} - 1}, \quad (1.10)$$

где  $t$  – продолжительность фильтроцикла;  $N$  и  $B$  – эмпирические коэффициенты.

$$\frac{C}{C_0} = e^{-Kt}, \quad (1.11)$$

где  $K$  – эмпирический коэффициент.

- Литвинисцын решение уравнения (1.8) представляет в виде:

$$\frac{\partial m}{m} = (1 - e^{at}), \quad (1.12)$$

где  $m$  – пористость загрузки;  $\partial m$  – удельный объем осадка;  $a$  – эмпирический коэффициент.

- Оводова Н.В [107] решение уравнения (1.8) показывает в виде:

$$\frac{C}{C_0} = e^{\frac{-\alpha_1 x}{e^{\beta_1} + \beta_1}}, \quad (1.13)$$

где  $\alpha_1$  и  $\beta_1$  – эмпирические коэффициенты.

Значительный вклад, в теорию и практическое применение ФПЗ внес М.Г. Журба, разработавший методику расчета пенополистирольных фильтров [54, 57], особенностью которых является определение начальных потерь напора в загрузке при восходящем ( $h_{0в}$ ) и нисходящем ( $h_{0н}$ ) фильтрационных потоках:

$$h_{0в} = \rho_{жс} v_в^3 \eta_{э.в} L / \mu g m_0 Re_{э.в}, \quad (1.14)$$

$$h_{0н} = \rho_{жс} v_н^3 \eta_{э.н} L / \mu g m_0 Re_{э.н}, \quad (1.15)$$

где  $v_в$ ,  $v_н$  – скорость восходящего и нисходящего потока фильтрования соответственно, м/с;  $\mu$  – динамический коэффициент вязкости, Н·с/м<sup>2</sup>;  $m_0$  – пористость,  $L$  – толщина фильтрующего слоя, м;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Выражения (1.14) и (1.15) справедливы в диапазоне скоростей при числе  $Re$   $Re_{э.в}=0,25...70$  и  $Re_{э.н}=0,25...323$  и  $Ar=3,95 \cdot 10^2...2,17 \cdot 10^6$ , охватывая всю основную область применения фильтров с плавающей пенополистирольной загрузкой с диаметром гранул 0,67...5,85 мм при скоростях фильтрования 0,25...50 м/ч [57].

Таким образом, при наличии большого количества математических зависимостей – моделей практически не создано такой модели, в которую были бы включены все необходимые параметры фильтрования и загрузки. Во всех математических моделях имеются эмпирические коэффициенты или входят параметры, которые рассчитаны на основе эмпирических данных.

В работах [56, 58] М.Г. Журба указал, что представленные модели динамики фильтрационного процесса составлены из предположения, что удаляемая из воды взвесь имеет монодисперсный характер, загрузка фильтра и образующийся в ней осадок однородны по составу, скорость фильтрования и физико-химический состав вод в течении фильтроцикла не изменяются.

В своих работах М.Г. Журба [62] неоднократно указывал, что «попытки описать данный процесс с помощью дифференциальных уравнений при граничных условиях по: монодисперсности частиц взвеси, однородности зерен загрузки фильтра и образующейся в ней



осадка, постоянству скорости фильтрования и физико-химического состава вод в течении фильтроцикла делают весьма проблематичным использование подобного рода моделей для технологических расчетов фильтров.

В работах М.Г. Журбы было доказано, что для инженерного расчета различных по конструкции и назначению зернистых фильтров предпочтительно применение основ теории размерности и предварительное проведение экспериментальных исследований, статистическая обработка результатов которых позволяет получать значение физических констант в расчетных формулах для определения времени защитного действия загрузки и достижения предельных потерь напора в ней для любых составов фильтруемых природных и сточных вод, а не только для малоконцентрированных суспензий с примерно одинаковой кинетической и агрегативной устойчивостью взвеси.

### **Выводы по разделу 1:**

1. Среди современных методов обеззараживания наибольшее распространение получило хлорирование, главным недостатком которого является высокая канцерогенность. При наличии в воде органических соединений в контакте с хлором образуются сложные хлорорганические соединения, негативно влияющие на здоровье человека в долгосрочной перспективе.

2. Одним из способов предотвращения образования ХОС являются методы подготовки воды, обеспечивающие удаление органических веществ и процессы более тщательной очистки от взвеси до введения обеззараживающих реагентов.

3. Наиболее распространенными схемами очистки во всем мире являются двухступенчатые схемы, включающие отстаивание или осветление, а также заключительный этап фильтрование, с последующим обеззараживанием.

4. При всем разнообразии конструкций осветлителей, все они объединены рядом недостатков: незначительный допустимый перепад температур обрабатываемой воды, заиливание дренажной системы, проблемы с отводом шлама, неустойчивый эффект осветления.

5. В спектре всевозможных фильтрующих загрузок особое место занимают плавающие фильтрующие загрузки, обладающими такими преимуществами по сравнению с традиционными песчаными загрузками, как возможность быстрого получения непосредственно на территории площадки ВОС, не подвержены заиливанию, обладают механической и химической прочностью.

6. В существующих теоретических моделях процесса фильтрования, отсутствуют модели, описывающие процесс реагентного фильтрования в зависимости от вида коагулянта его дозы, учитывающие высоту фильтрующего слоя, скорость и продолжительность фильтроцикла.

## РАЗДЕЛ 2

### ПОСТАНОВКА ЦЕЛИ И ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ. СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

#### 2.1 Постановка цели и задач исследования

Выполненный литературный обзор позволяет следующим образом сформулировать цель данной работы – усовершенствование методов очистки природных вод с высокой степенью защиты от негативного воздействия антропогенных загрязнений поверхностных источников централизованного водоснабжения Республики Крым.

Для проектирования и корректной эксплуатации водопроводных очистных сооружений необходимы данные многолетних наблюдений показателей качественного состава исходной воды, поступающей на ВОС из источников централизованного питьевого водоснабжения. Статистическая обработка значительного количества накопленных данных позволит получить математическую модель качественных параметров, которая даст возможность эффективно прогнозировать входные качественные параметры, влияющие на технологические показатели процесса очистки во временном периоде. Таким образом, первая задача исследования заключается: в сборе, систематизации и тщательном анализе качественных показателей воды источников централизованного водоснабжения за многолетний период с последующей статистической обработкой для получения функций плотности распределения по соответствующим качественным показателям.

В результате выполненного литературного обзора установлено, что одним из главных показателей, определяющих качество воды в поверхностном источнике централизованного водоснабжения в процессе ее подготовки, а также после очистки на водопроводных очистных сооружениях, является содержание природных органических соединений (ПОС).

Кроме первичных природных органических соединений, в поверхностных водах присутствуют продукты жизнедеятельности микроорганизмов – растворимые органические соединения разной природы. Они приводят к образованию нежелательных вторичных продуктов окисления, когда при водоподготовке используют предварительную, промежуточную и заключительную стадии окисления.

Вторичные продукты хлорирования являются причиной появления в питьевой воде токсичных хлорорганических соединений, опасных для здоровья человека. Хлорорганические соединения практически не удаляются на последующих стадиях водоподготовки и увеличивают токсичность питьевой воды. Хлорорганические токсиканты обладают канцерогенными, мутагенными, тератогенными свойствами, эмбриотоксичностью, генотоксичностью вызывают

аллергические реакции, угнетение нервной системы и нарушение обмена веществ в организме человека.

Таким образом, можно сформировать вторую задачу исследования: выполнить анализ эффективности работы ВОС по показателю органические загрязнители, путем получения математических моделей прогноза качества по органическим загрязнителям в воде источника централизованного водоснабжения и в воде резервуаров чистой воды (РЧВ), т.е., в воде, прошедшей очистку на ВОС.

На ВОС г. Симферополь производится недостаточная очистка воды относительно требований современных нормативных документов Российской Федерации и Европейского союза. Выполнение барьерной роли ВОС по показателю «мутность» на уровне  $1,5 \text{ мг/дм}^3$ , в то время как, мировые нормативы составляют  $0,5 \text{ мг/дм}^3$ . Применение малоэффективных традиционных коагулянтов, имеющих низкую эффективность в период пониженных температур. Использование в гравитационных фильтрах на ВОС фильтрующих загрузок минерального происхождения сопряжено с высокими затратами энергетических ресурсов.

Следовательно, третья задача состоит в создании крупномасштабной фильтровальной установки, для очистки воды из поверхностных источников централизованного водоснабжения. Установка должна позволить реализацию эксперимента по осветлению воды во взвешенном слое осадка, фильтрованию через пенополистирольную загрузку и сорбцию на активированных углях.

Сложный характер процесса очистки во взвешенном слое, определяет необходимость в формировании комплексных параметров очистки. Следовательно, четвертая задача заключается в получении основных критериев процесса удаления взвешенных веществ и органических соединений из природных вод. Получить математическую модель описания процесса очистки природных вод на КФУ.

В результате выполненного литературного обзора установлено, что применение малоэффективных традиционных коагулянтов не обеспечивает требуемой степени очистки, особенно в холодный период времени года.

Пятая задача заключается в разработке методики определения вида коагулянта и его дозы, исходя из экономических показателей.

Персонал многих водопроводных очистных станций не имеет методик по оперативному управлению основными параметрами процесса очистки воды при изменении входных качественных показателей. Для таких случаев и разрабатывают методики оптимизации соответствующих процессов. Следовательно, пятая задача заключается в определении основных параметров очистки воды, вид и доза коагулянта, скорость фильтрования, продолжительность фильтроцикла и т.д.

## 2.2 Выбор объекта и методов проведения исследований

В качестве объекта исследования принято устройство подготовки природных вод для систем водоснабжения в условиях изменения качественного состава источников централизованного водоснабжения.

Проведенный анализ существующих методов исследования позволяет определить в качестве основных, применяемых в работе методов: теория размерности, теория вероятности, математическая статистика, корреляционно-регрессионный анализ, математическое моделирование процессов очистки от антропогенных загрязнений.

Статистический анализ позволит выполнить статистическую обработку накопленных данных по показателю мутность, цветность и содержанию органических загрязнений в воде источников централизованного водоснабжения и в воде, прошедшей очистку на ВОС г. Симферополь за длительный период времени наблюдения. При помощи статистического анализа выявить закономерности вероятностей распределения значений мутности, цветности и органических загрязнений, определенных по показателю перманганатная окисляемость, и оценить барьерную способность функционирующих ВОС по органическим загрязнениям, оказывающих значительное влияние при образовании сложных хлорорганических соединений в обрабатываемой воде, которая после очистки подается по системам подачи и распределения населению г. Симферополь.

На основании анализа размерности выделить безразмерные комплексы, описывающие процесс очистки воды на трех этапах: в осветлителе со слоем взвешенного осадка; в фильтровальной колонне и в сорбционном фильтре. На основании результатов, полученных при выполнении физического эксперимента при помощи корреляционно-регрессионного анализа составить математическую модель процесса очистки в зависимости от основных критериев, а также разработать методику определения выбора коагулянта и его дозы.

### Выводы по разделу 2

1. Для достижения поставленной цели намечены основные задачи исследования, которые заключаются в следующем: сбор и систематизация численной информации по формированию качественных показателей поверхностных источников централизованного водоснабжения; разработка математических моделей прогноза качества по органическим загрязнениям в воде источника централизованного водоснабжения и в воде, прошедшей очистку на ВОС. Формирование основных критериев процесса удаления взвешенных веществ из природных вод. Формирование критериев удаления органических веществ из природных вод. Получения математической модели описания процесса очистки вод поверхностных источников водоснабжения на КФУ. Разработка методики определения выбора коагулянта, и

его дозы исходя из экономических показателей, определение других основных показателей: скорости фильтрования, продолжительности фильтроцикла.

2. В качестве объекта исследования рассматривается процесс очистки воды на крупномасштабной фильтровальной установке, включающий в себя осветление воды в слое взвешенного осадка, фильтрование воды через пенополистирольную загрузку, и фильтрование воды через сорбционную загрузку.

3. В качестве методов проведения исследования выбраны статистический анализ и физический эксперимент. Статистический анализ позволит оценить качество воды поверхностных источников централизованного водоснабжения, и воды, прошедшей очистку на ВОС. Анализ размерностей позволит сформировать основные критерии процесса очистки воды. Экспериментальные исследования, обработанные при помощи корреляционно-регрессионного анализа, позволят получить математическое описание процесса очистки воды на трех этапах осветления, фильтрования и сорбции. Полученная математическая модель процесса очистки позволит выполнить оптимизацию выбора разновидности коагулянта, его дозы, скорости фильтрования, продолжительности фильтроцикла.

### РАЗДЕЛ 3

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ВОД ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВОДОПРОВОДНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПО ОРГАНИЧЕСКИМ ЗАГРЯЗНЕНИЯМ

### 3.1 Особенности поверхностных источников централизованного хозяйственно - питьевого водоснабжения по качеству воды

Источниками централизованного питьевого водоснабжения (ИЦВ) в Республике Крым являются 9 водохранилищ речного стока и 8 наливных водохранилищ, наполняемых водами Северо-Крымского канала (СКК). В данный момент заполнение водой от СКК не осуществляется. Общий объем водохранилищ составляет 399,47 млн. м<sup>3</sup>, из них объем водохранилищ естественного стока - 249,97 млн. м<sup>3</sup>, наливных водохранилищ – 149,5 млн. м<sup>3</sup>. В таблицах 3.1 и 3.2 представлены сведения о водохранилищах РК: место расположения; целевое назначение, количество человек, источниками централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, для которых они являются; год ввода в эксплуатацию; наименование водотоков, на которых они устроены; сведения о технологических схемах водопроводных очистных станций (ВОС), очищающих их воды. Данные о водохранилищах естественного стока приведены в таблице 3.1, а сведения о наливных водохранилищах - в таблице 3.2. Аккумуляция и рациональное использование водных ресурсов на территории РК является одной из важнейших составляющих стратегического развития полуострова. В связи с прекращением поступления воды р. Днепр по СКК в РК в 2014 - 2022 годах, прекратилось орошаемое земледелие и выращивание риса, как следствие нехватка овощных и рисовых культур, сокращение рабочих мест в аграрном секторе экономики, являющимся доминирующим в ряде районов РК: Раздольненский, Первомайский, Черноморский, Сакский, Джанкойский, Красногвардейский, Нижнегорский, Советский, Кировский. Прекращение подачи воды в наливные водохранилища - ИЦВ для жителей Керченского полуострова и Восточного берега Крыма, привело к поиску альтернативных решений, таких как: переброска вод водохранилищ с территории Белогорского района (Тайганское, Белогорское) и забора артезианской воды из подземного горизонта с территории Джанкойского района (с. Просторное) и Нижнегорского района (с. Нежинское, с. Новогригорьевка) и подачу ее в открытое русло СКК, что необратимо влияет на гидрологический баланс Северо-Сивашского артезианского бассейна. Чрезмерный отбор артезианских вод способствует понижению статического уровня их горизонта (в летний период жителями окрестных сел ощущается острая нехватка воды).

Таблица 3.1 - Сведения о водохранилищах естественного стока РК и технологических схемах ВОС, источниками питания, которых они являются

| Город, назначение водохранилища, количество жителей ИЦВ, для которых оно является   | Наименование, год ввода в эксплуатацию,   | Объем млн. м <sup>3</sup> | Названия рек | Сведения о технологических схемах ВОС, производительности и качественном составе воды  |
|---|---|---------------------------|--------------|--|
| 1   | 2   | 3                         | 4            | 5  |
| Водоснабжение г. Симферополя (341799), а также орошение земель сельскохозяйственного назначения.  | Симферопольское, 1956 г. Данные качественного состава, приведены в таблице А.1.1. | 36                        | Салгир       | ВОС «Петровские скалы» (1959 г. реконструкция 1986 г.) ГО-СФ, $Q=80$ тыс. м <sup>3</sup> /сут. Смесители вихревые вертикального типа (2 секции $6 \times 7 \times 5,5$ (h)); ГО (5 секций $6 \times 45 \times 4,5$ (h)), со встроенными КХО (5 секций $6 \times 9 \times 4,5$ (h)); СФ (6 шт. $6 \times 9,5$ м.). Первичное обеззараживание УФ, вторичное обеззараживание гипохлоритом Na (рисунок 3.13).  |
| Водоснабжение г. Симферополя, пгт Почтовое (3086), с. Малиновка (336), с. Новопавловка (683), с. Приятное Свидание (426), с. Тополи (609), с. Перово (3890), с. Дубки (2256), с. Залесье (1063), с. Новониколаевка (375), с. Фонтаны (2681) | Партизанское, 1966 г. Данные качественного состава, приведены в таблице А.1.2     | 34,4                      | Альма        | ВОС «Приятное свидание» (1974 г.) ГО-СФ, $Q=80$ тыс. м <sup>3</sup> /сут Смеситель вихревой вертикального типа ( $4 \times 7 \times 5,5$ (h) состоит из 2 секций); ГО (10 секций $6 \times 45,6 \times 4,5$ (h)), со встроенными КХО (10 секций $6 \times 9 \times 4,5$ (h)). СФ (10 шт. с габаритами $6 \times 9$ м.) (рисунок 3.14).   |
| Водоснабжение г. Симферополя, с. Доброе (3000), с. Андрусово (886), с. Заречное (2022), с. Лозовое (1889), с. Пионерское (5534).  | Аянское, 1956 г. Данные качественного состава - в таблице А.1.4                   | 3,9                       | Аян          | Аянский гидроузел УФ-обеззараживание, обеззараживание гипохлоритом Na $Q=20$ тыс. м <sup>3</sup> /сут.   |
| Водоснабжение г. Севастополя (436670)   | Чернореченское, 1956 г.   | 64,2                      | Черная       | Севастопольские ВОС ГО-СФ, $Q=126$ тыс. м <sup>3</sup> /сут. В составе ВОС работают два блока: 1-й блок состоит из 2 очередей. Суммарная производительность первого блока - $Q=63$ тыс. м <sup>3</sup> /сут. В составе сооружений 1-го блока 1-й очередь (1954 г.) – ГО (6 секций) и СФ (8 шт.), 2-й очереди (1968) – ГО (4 секции) и СФ (6 шт.). Производительность 2-го блока (1980 г.) - $Q=63$ 000 м <sup>3</sup> /сут. Включают ГО со встроенными КХО (8 секций с габаритами: $6 \times 40 \times 3,8$ (h)), и СФ (9 шт. с габаритами: $7,5 \times 5$ м.) |

| 1   | 2                                  | 3      | 4                                | 5  |
|---|------------------------------------|--------|----------------------------------|--|
| Водоснабжение г. Алушта (29869)   | Изобильное, 1979 г. таблице А.1.12 | 13, 25 | Улу-Узень                        | Алуштинские ВОС (1974 г.) ГО-СФ. $Q=43$ тыс. м <sup>3</sup> /сут Построены по принципу деблокирования: ГО, со встроенными КХО (5 секций. с габаритами 6×57,6×3,7(н)), отделены от зала СФ (8 шт. с габаритами 6×6 м.) и размещены на расстоянии 10 м от здания главного корпуса, что соответствует п.16.7 СП 31.13330.2021.Обеззараживани е гипохлоритом <i>натрия</i> |
|   | Кутузовское, 1986 г                | 1,1    | Дем ердж                         |  |
| Водоснабжение г. Ялта (79457), пгт Гаспра (3086), г. Алушка (8017), пгт Кореиз (5692), пгт Симеиз (2703), пгт Никита (2313), п Олива (316), пгт Виноградное (1508), пгт Ливадия (837), пгт Отрадное (730), пгт Советское (679), пгт Голубой Залив (625), пгт Кацивели (541), пгт Восход (481), п Даниловка (472), пгт Парковое (410), с Оползневое (401), пгт Береговое (390), пгт Санаторное (229), пгт Понизовка (220), пгт Горное (147), пгт Курпаты (138), п Высокогорное (134) | Счастли вое-1, 1964 г              | 12     | Бель бек (при ток – Ман агот ра) | Ялтинские ВОС Спиральные отстойники-СФ $Q=102$ тыс. м <sup>3</sup> /сут. Двухступенчатая схема состоит из 2-х спиральных открытых отстойников и скорых фильтров однослойных и двухслойных.   |
|   | Счастли вое-2                      |        | Бель бек                         |  |
|   | Ключев ское                        |        | Бель бек                         |  |
| с. Верхоречье (1126), с. Синапное (293)   | Загорск ое, 1980 г.                | 27, 85 | Кача                             | Обеззараживание при помощи хлора. Хлораторная, работающая на жидком хлоре.   |
| Орошение земель с/н (Белогорский район)   | Тайган-ское, 1938 г.               | 13, 8  | Бию к-Кара су                    | В данный момент вода по руслу р. Биюк-Карасу поступает в открытое русло СКК для заполнения каскада водохранилищ Керченского полуострова.   |
| с. Чернополье (1251) (Белогорский район)  | Белогор ское, 1970 г.              | 23, 3  | Бию к-Кара су                    | В данный момент вода по руслу р. Биюк-Карасу поступает в русло СКК для заполнения каскада водохранилищ Керченского полуострова. Фильтровальная станция с системой обеззараживания полностью разграблена вода поступает в водопроводную сеть села без очистки и обеззараживания.  |
| Водоснабжение пгт Зуя (6230), с. Крым Роза (1755), с. Вишневое (249)  | Баланов ское, 1974 г.              | 5, 07  | Зуя                              | 1 - я очередь ВОС пгт Зуя построена в 2013 г. $Q_{проект}=2$ тыс. м <sup>3</sup> /сут.   |
| Орошение земель с/н (Белогорский район)   | Льговск ое, 1978                   | 2,2    |                                  | Мокрый Индол   |
| Орошение земель с/н (Бахчисарайский район)  | Альмин ское, 1926 г.               | 6,2    |                                  | Альма  |
|   | Бахчиса райское 1935 г.            | 6, 89  |                                  | Кача   |



Таблица 3.2 - Сведения о наливных ИЦВ РК и технологических схемах ВОС, источниками питания, которых они являются

| Город, назначение водохранилища, количество жителей ИЦВ, для которых оно является  | Название водохранилищ, год ввода в эксплуатац  | Объем млн. м <sup>3</sup> | Источник наполнения   | Сведения о технологических схемах подготовки воды на ВОС, их производительности и качественному составу воды   |
|--|--|---------------------------|---|--|
| 1  | 2  | 3                         | 4   | 5  |
| Водоснабжение г. Старый Крым (9973), с. Тутовское (132), с. Первомайское (2880), с. Жемчужина Крыма (265), с. Изобильное (233), с. Изюмовка (1128) и орошение.   | Старо-Крымское, 1957 г.  | 3,15                      | Частично р. Чорох-Су, воды СКК В данный момент пополнение за счет естественных осадков  | Старокрымские ВОС (1983 г.) ОВО-СФ<br>$Q_{\text{проект}}=20 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$ ,<br>$Q_{\text{факт}}=9 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$<br>Вертикальный смеситель далее поступает в ОВО (4 шт. 3 рабочих и 1 резервный (10,5×9×5,5(h)), СФ (5 шт. 6×6 м.). Хлораторная на жидком хлоре (рисунок 3.12). |
| г. Феодосия (67902), г. Судак (16784), пгт Коктебель (2807), пгт Наниково (438), пгт Орджоникидзе (2572), пгт Приморский (12560), с. Береговое (2377), с. Степное (57), с. Насыпное (1581), с. Ближнее (2779), с. Подгорное (276), с. Южное (318)                                | Феодосийское, 1971 г. Данные качественного состава, приведены в таблице А.10<br>Фронтное, 1978 г. (Таблица А.1.11) | 15,37<br>35               | Наполнение водохранилищ осуществляется из СКК. В настоящее время подача воды в водохранилища ведется за счет переброски воды из Белогорского и Тайганского водохранилищ по руслу р. Биюк-Карасу, а также подача артезианских вод Нежинского, Просторненского, Новогригорьевского подземного водозабора в открытое русло СКК | Феодосийские ВОС (1975 г.) Обрабатываемая вода поступает на микрофильтры, затем в дырчатые смесители, а далее на КО-3 с водовоздушной промывкой (16 шт. с габаритами 8×8 м.).<br>$Q=100 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$<br>(рисунок 3.11).  |
| с. Уварово (852), с. Батальное (1275), с. Южное (79), с. Виноградное (1044), с. Семисотка (1583), с. Ильичево (1844), с. Останино (1327), с. Кирово (807), с. Ленинское (1657), с. Луговое (906), с. Ерофеево (129), с. Красногорка (827), с. Королево (104), с. Каменское (254) | Ленинское (Юз-Макское), 1972 г.  | 7,7                       |   | Ленинские ВОС (1976 г.)<br>$Q_{\text{проект}}=40 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$ ;<br>$Q_{\text{факт}}=10 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$ .<br>ГО-СФ<br>Смеситель, совмещенный с промежуточным резервуаром, 5-секционный ГО, со встроенной КХО, 8 СФ, хлораторная, склад коагулянта, 2 РЧВ $W=1000 \text{ м}^3$ .  |
| с. Марьевка (591), с. Пташкино (23), с. Челядиново (785)   | Сокольское, 1972 г.  | 2,26                      |   | Сокольские ВОС ОВО-СФ<br>$Q_{\text{проект}}=3 \text{ тыс. м}^3/\text{сут}$ ;<br>$Q_{\text{факт}}=0,4 \text{ м}^3/\text{сут}$ .<br>Смеситель, ОВО (1 шт.), СФ (3 шт.), хлораторная, 2 РЧВ $W=400 \text{ м}^3$ (рисунок 3.12)  |

| 1  | 2   | 3    | 4   | 5   |
|--|---|------|---|---|
| Для создания подпора   | Зеленоярское, 1975 г.   | 3,02 | Наполнение водохранилищ осуществляется из СКК. В настоящее время подача воды в водохранилища ведется за счет переброски воды из Белогорского и Тайганского водохранилищ по руслу р. Бююк-Карасу, а также подача артезианских вод Нежинского, Просторненского, Новогригорьевского подземного водозабора в открытое русло СКК | Предназначено для аккумуляирования воды из СКК для бесперебойной работы НС-3, подающей воду в Керченское водохранилище  |
| г. Керчь (150573)  | Станционное, (Керченское) 1975 г. Данные качественного состава, приведены в таблице А.1.9 | 24   |   | Керченские ВОС (1976 г.) КО-1 $Q_{\text{проект}}=100 \text{ тыс. м}^3/\text{сут.}$ ; $Q_{\text{факт}}=40 \text{ тыс. м}^3/\text{сут.}$ Аванкамера с микрофильтрами, смесители коридорного типа, КО-3 (10 шт.) с двухслойной песчаной загрузкой, реагентный блок; хлораторная со складом жидкого хлора (рисунок 3.11)  |
| с. Белинское (368), с. Верхнезаморское (86), с. Нижнезаморское (92), с. Станционное (136), с. Песочное (156), с. Чистополье (1706), с. Горностаевка (2080), с. Новониколаевка (1138) | Станционное, (Керченское) 1975 г. Данные качественного состава, приведены в таблице А.1.9 |      |   | Станционные ВОС (1982 г.) ОВО-СФ $Q_{\text{проект}}=20 \text{ тыс. м}^3/\text{сут.}$ ; $Q_{\text{факт}}=4 \text{ тыс. м}^3/\text{сут.}$ Смеситель вихревого типа, ОВО коридорного типа (4 шт.), СФ (4 шт.), склад коагулянта, хлораторная, 2 РЧВ $W=2000 \text{ м}^3$ (рисунок 3.12)  |
| г. Щелкино (10328), с. Калиновка (2278), с. Мысовое (429), с. Азовское (41), с. Заводское (211), с. Семеновка (280)  | Самарлинское 1978 г.  | 8,09 |   | Самарлинские ВОС (1982 г.) ОВО-СФ $Q_{\text{проект}}=20 \text{ тыс. м}^3/\text{сут.}$ Смесители, ОВО, СФ, (рисунок 3.12)  |
| г. Симферополь<br>г. Севастополь   | Межгорное, 1989 г. Данные качественного состава, приведены в таблице А.1.3                | 50   | Поступление воды от СКК прекращено, объект законсервирован.   | Межгорные ВОС «Жаворонки» (1990 г.) ГО-СФ. Перегородчатые смесители (3 шт. $9 \times 45 \times 6,0(\text{h})$ ), КХО (3 шт. по 5 секций $12 \times 24 \times 6,0(\text{h})$ ), встроенные в ГО (3 шт. по 5 секций $12 \times 36,5 \times 6,0(\text{h})$ ), СФ (15 шт. $12 \times 12 \text{ м.}$ ). $Q_{\text{проект}}=225 \text{ тыс. м}^3/\text{сут.}$ ; $Q_{\text{факт}}=0$ |

Также СКК оказывал влияние на восполнения запасов артезианских вод степной части полуострова, путем поступления днепровской воды через фильтрационные бассейны искусственного пополнения подземных вод, что препятствовало проникновению солёных вод вглубь территории Крыма. В с. Марьино Джанкойского района вода, подаваемая в сеть централизованного хозяйственно-питьевого водопровода, имеет показатель общей жесткости

33 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК - 7 мг/дм<sup>3</sup>), сухой остаток 2811,8 мг/дм<sup>3</sup> (ПДК - 1000 мг/дм<sup>3</sup>) [141]. Постоянное потребление воды, превышающей показатели ПДК в 4,7 раз, приводит к таким распространенным заболеваниям населения Красноперекского и Джанкойского района как: нарушение обмена веществ, мочекаменная и желчнокаменная болезнь [141]. В тоже время РК, благодаря своему климату и административному устройству, является привлекательной территорией для внутренней миграции населения РФ, при этом, не имея достаточных водных ресурсов, для развития промышленности и аграрного сектора и как следствие обеспечения миграционного населения трудовыми местами, продуктовыми и энергетическими ресурсами. В этой связи вопрос о возобновлении работы СКК остается актуальным и требует глубокой проработки.

Поскольку нехватка вод СКК будет сдерживать экономический рост региона, и вопрос о возобновлении поступления днепровских вод остается открытым далее в работе рассмотрены и проанализированы данные качественного состава воды наливных водохранилищ до прекращения подачи вод СКК и после, с подачей по временной схеме артезианских вод Северо-Сивашского бассейна и вод водохранилищ Белогорского района.

Водоохранилища естественного стока служат источниками централизованного питьевого водоснабжения для 957504 человека, а водохранилища наливного типа являются ИЦВ для 309051 человек постоянно проживающего населения без учета отдыхающих в курортный сезон. На водохранилищах естественного стока и наливного характера поступления, функционирует 13 ВОС, различающихся технологической схемой и производительностью.

Данные качественного состава воды, поступающей на очистку из Симферопольского, Межгорного, Партизанского, Аянского, Керченского, Феодосийского, Фронтowego, Изобильненского водохранилища и очищенной воды из РЧВ Симферопольских, Межгорных, Партизанских, Керченских и Ялтинских ВОС приведены в приложении А.

После прекращения поступления воды по СКК и переброски в каскад наливных водохранилищ вод Белогорского и Тайганского водохранилищ изменился качественный состав воды, поступающей на очистку Феодосийских и Керченских ВОС, данные по некоторым показателям представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Данные качественного состава воды из Феодосийского, Фронтowego и Станционного (Керченского) водохранилища

| Показатели качества воды              | Феодосийское водохранилище |             | Фронтговое водохранилище |            | Станционное водохранилище |            |
|---------------------------------------|----------------------------|-------------|--------------------------|------------|---------------------------|------------|
|                                       | 2014                       | 2017        | 2014                     | 2017       | 2014                      | 2017       |
| Мутность, мг/дм <sup>3</sup>          | 7,7...30,2                 | 4,8...30    | 7...27,6                 | 3,5...19,5 | 2,8...26,4                | 3,2...11,6 |
| Цветность, °ПКШ                       | 22...38                    | 14...37     | 20...40                  | 11...35    | 15...40                   | 10...15    |
| ПО, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | 5,92...8                   | 3,19...4,41 | 6...7,84                 | 1,8...4,8  | 5,68...10                 | 2,7...3,2  |

Наливные ИЦВ при поступлении в них днепровских вод отличались повышенным содержанием органических веществ, что после обеззараживания хлором, приводило к образованию сложных хлорорганических соединений [141].

В Феодосийском и Фронтовом водохранилищах, за период их эксплуатации накопился слой донного ила, ухудшающий качество воды и препятствующий эксплуатации водозаборных сооружений [141].

Наливные водохранилища Керченского полуострова (Ленинское, Сокольское, Самарлинское) отличаются малыми глубинами, что приводит к их хорошему прогреву в теплый период года и как следствие длительному периоду цветения (с апреля по октябрь). У потребителей постоянные нарекания по наличию в воде, после очистки на ВОС, запахов [141]. В данный момент рассматриваются схемы по подаче артезианской воды Просторненского, Нежинского и Новогригорьевского водозаборов непосредственно в распределительную сеть потребителей, минуя водохранилища и ВОС.

В Изобильненском водохранилище, предназначенном для водоснабжения г. Алушты, наблюдается увеличение мутности в паводковые периоды. Так же при заполнении Изобильненского водохранилища из Кутузовского ухудшается качество воды, подаваемой на очистку, по показателям, вызванным антропогенным воздействием (с поверхностными ливневыми стоками поступают химические удобрения с возделываемых угодий, ГСМ и другие вещества).

Чернореченское водохранилища, как и все Крымские водохранилища естественного стока, устроенные на горных реках, характеризуется повышением мутности в воде, поступающей на ВОС в период паводка или сильного ветра.

Водоснабжение г. Симферополя осуществляется из трех поверхностных источников централизованного водоснабжения (ИЦВ) Симферопольское, Партизанское и Аянское водохранилище. В период с 1989-2014 г. значительным источником являлось наливное Межгорное водохранилище, заполняемое водой СКК, в период 2014-2022 года воды р. Днепр по СКК на территорию Республики Крым не поступали, что привело к ухудшению состояния емкостных сооружений и технологического оборудования Межгорных ВОС г. Симферополь.

Симферопольское водохранилище в санитарном состоянии не надежно, охраняется только плотина и водозабор. В водосборной площади расположены населенные пункты: мкр. Марьино, села: Лозовое, Пионерское, Заречное, Доброе, Перевальное, Краснолесье, Мраморное, Кленовое, Теплое, Украинка, Константиновка, Петропавловка, Залесье, Горки, Сосновка, поселки депортированных народов и дачные садоводческие кооперативы. Села не благоустроенные, уборные поглощающего типа, не организована система санитарной очистки

от бытового мусора. Поверхностный сток от этих населенных пунктов поступает через р. Салгир в Симферопольское водохранилище.

В с. Перевальном многоэтажные жилые дома военного училища и военной части (в/ч) канализованы. Стоки поступают на канализационные очистные сооружения (КОС) в/ч производительностью 400 м<sup>3</sup>/сутки. Очистные сооружения состоят из комплекса механической и биологической очистки с доочисткой в биологических прудах. Сброс очищенных сточных вод осуществляется в преднакопители и в дальнейшем используется на орошение. За качеством очистки ведется лабораторный контроль. В районе с. Доброе расположены поселковые КОС производительностью 200 м<sup>3</sup>/сутки с комплексом механической и биологической очистки. После очистки сточные воды сбрасываются в пруд – накопитель. Сооружения в запущенном состоянии. Лабораторный контроль не ведется. В с. Краснолесье очистные сооружения школы – интерната представлены септиком с песчано – гравийным фильтром. Канализационные очистные сооружения перегружены в 2,5 – 3 раза, сточные воды фактически без очистки сбрасываются в р. Тавельчук левый приток р. Салгир. Выше с. Пионерское расположены очистные сооружения Пионерской противотуберкулезной больницы, производительностью 200 м<sup>3</sup>/сутки и состоят из: циркуляционных окислительных каналов (ЦОК), вторичных отстойников, хлораторной и иловых площадок. Проектом предусмотрен дегельминтизатор и в качестве доочистки песчано – гравийные фильтры, которые с момента ввода в эксплуатацию не работают. Сброс стоков осуществляется в пруд. В с. Лозовом расположены очистные сооружения школы – интерната, представленные септиком со сбросом в пруд – накопитель.

Все эти и другие загрязнители создают неблагоприятную эпидемиологическую обстановку для Симферопольского водохранилища [8].

Партизанское водохранилище имеет зону санитарной охраны благоприятную в санитарном отношении, I пояс выделен ограждающими знаками и охраняется вневедомственной охраной.

Санитарные условия Аянского водохранилища были благополучными до строительства на правом берегу дачного кооператива, способствующего загрязнению окружающей среды и водохранилища (применение ядохимикатов, туалеты с фильтрующими выгребями, рыболовство).

Показатели качества воды в ИЦВ являются входными параметрами работы водопроводных очистных сооружений (ВОС). На основании динамики изменения многолетних показателей качества воды, таких как: мутность, цветность, коли-индекс, фитопланктон, перманганатная окисляемость, можно делать выводы: о качественных показателях состояния ИЦВ, о прогнозировании работы действующих водопроводных очистных сооружений,

принятие решений о необходимости изменения технологических параметров работы ВОС или их дооснащения дополнительными ступенями очистки.

В приложении А таблицы А.1 – А.4 представлены данные качественного состава воды в ИЦВ г. Симферополя, в таблицах А.5-А.7 данные качественного состава воды в РЧВ, т.е. воды, прошедшей очистку на ВОС. В таблице 3.4 приведены некоторые обобщенные показатели качественного состава воды: мутность, цветность, ПО и коли-индекс из ИЦВ и РЧВ г. Симферополя за период с 2006 по 2013 г., а также нормативные требования СанПиН 2.1.4.1074-01 [124] по соответствующим показателям для очищенной воды.

Таблица 3.4 – Данные качественного состава воды из ИЦВ и РЧВ г. Симферополь

| Показатели качества воды             | Содержание в исходной воде    |                            |                         |                       | Содержание в РЧВ               |                             |                          | Требования СанПиН 2.1.4.1074-01 |
|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------|---------------------------------|
|                                      | Симферопольское водохранилище | Партизанское водохранилище | Межгорное водохранилище | Аянское водохранилище | РЧВ Симферопольского гидроузла | РЧВ Партизанского гидроузла | РЧВ Межгорного гидроузла |                                 |
| <b>Органолептические показатели</b>  |                               |                            |                         |                       |                                |                             |                          |                                 |
| Мутность, мг/л                       | 1...27                        | 2,4...78                   | 4...30                  | 0,25...9,5            | 0,25...2                       | 0,5...2,2                   | 0,5...1,5                | <1,5 (2)                        |
| Цветность, °ПКШ                      | 1...40                        | 7...70                     | 20...40                 | 2...25                | 5...11,4                       | 5...13                      | 7...15                   | <20 (35)                        |
| <b>Гидрохимические показатели</b>    |                               |                            |                         |                       |                                |                             |                          |                                 |
| ПО, мгО <sub>2</sub> /л              | 2...9                         | 2,94...5,52                | 5,8...7,6               | 0,6...4,8             | 1,9...6,56                     | 2,18...4,9                  | 5...7                    | <5                              |
| <b>Бактериологические показатели</b> |                               |                            |                         |                       |                                |                             |                          |                                 |
| Коли-индекс                          | 118...18000                   | 19...894                   | 30...15300              | 9...13636             |                                |                             |                          |                                 |

Информацию, представленную в таблице 3.4, можно показать графически на рисунке 3.1, где приведены диапазоны изменения качественного состава (мутность, цветность, ПО) ИЦВ, указана производительность и схема очистки воды на ВОС г. Симферополя.

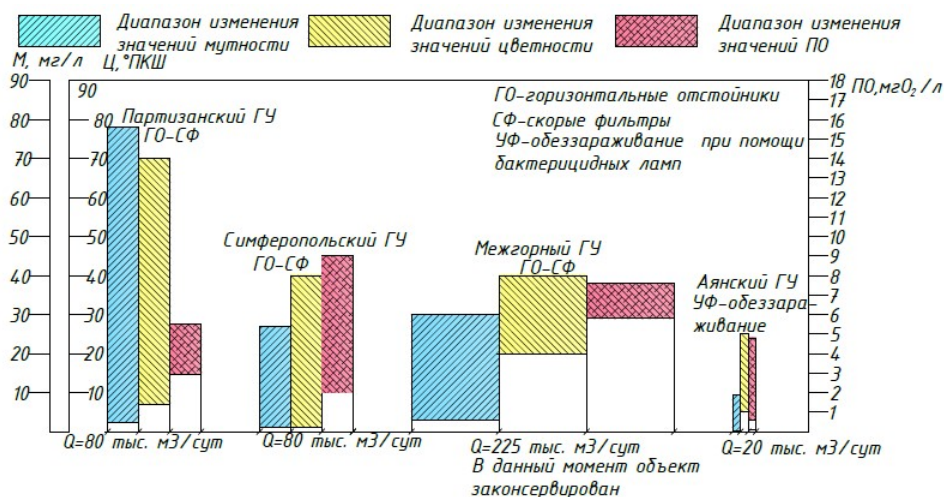


Рисунок 3.1 - Источники водоснабжения г. Симферополя

Проанализировав данные, представленные в таблице 3.4 и на рисунке 3.1, можно заключить следующее: воды Симферопольского и Межгорного водохранилищ являются маломутными и средней цветности, воды Партизанского водохранилища - средней мутности и средней цветности, а воды Аянского водохранилища маломутные и малоцветные.

По результатам анализа данных качественных показателей четырех источников централизованного питьевого водоснабжения г. Симферополя с 2006-2014 год, проведена классификация этих источников по ГОСТ 2761-84 [37] (таблица 3.5).

Таблица 3.5 - Классификация ИЦВ г. Симферополя по качеству воды [37]

| Источник водоснабжения | Органолептически м показателям | Гидрохимическим показателям | Бактериологическим показателям |
|------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|
| Межгорное              | 2                              | 2                           | 3                              |
| Симферопольское        | 2                              | 2                           | 3                              |
| Партизанское           | 2                              | 1                           | 1                              |
| Аянское                | 1                              | 1                           | 3                              |

По данным таблицы 3.5 следует, что применительно к требованиям ГОСТ 2761-84 [37] вода из Аянского водохранилища по органолептическим и гидрохимическим показателям относится к первому классу ИЦВ, а по бактериологическому показателю к – третьему. Качественные показатели Партизанское водохранилища по органолептическим показателям относятся ко второму классу ИЦВ, по гидрохимическим и бактериологическим к первому. Воды Симферопольского и Межгорного водохранилища по органолептическим и гидрохимическим показателям можно отнести ко второму классу, а по бактериологическим - к третьему классу ИЦВ.

После обработки рядов многолетних данных, приведенных в приложении А, были получены дифференциальные функции плотности распределения, представленные в таблицах 3.6-3.8. По полученным уравнениям были построены кривые распределения, которые позволяют графически показать с какой вероятностью ожидается наступление события - появления того или иного значения по мутности, цветности и окисляемости в трех ИЦВ. Минимальные и максимальные значения, и математическое ожидание по каждому показателю указаны на рисунках 3.2-3.10. Представленный анализ позволяет: в долгосрочной перспективе, определить количество заказываемых реагентов (коагулянтов, флокулянтов), оценить ожидаемую нагрузку на ВОС по выбранным показателям, не ориентируясь на максимальные или минимальные значения, ожидаемый процент возникновения которых невелик. При помощи данной методики можно сравнить отдельные показатели между ИЦВ. Проведенный анализ позволяет определить качественные показатели обрабатываемой воды на ВОС большой

процент рассматриваемого периода наблюдений, и соответственно выявить наиболее оптимальную схему очистки.

В таблице 3.6 приведены результаты статистической обработки значений мутности для трех ИЦВ г. Симферополя, максимальное, минимальное значение, математическое ожидание, дисперсия, и аналитическое выражение закона распределения. Значения мутности для трех ИЦВ распределены по экспоненциальному закону распределения. На рисунках 3.2-3.4 приведены дифференциальные функции плотности распределения по показателю мутности, математическое ожидание, границы минимального и максимального значения для Симферопольского, Партизанского и Аянского водохранилища. В таблице 3.7 представлены результаты статистической обработки по цветности для трех ИЦВ соответственно. Значения цветности для Симферопольского и Партизанского водохранилища распределены по экспоненциальному закону распределения, а для Аянского водохранилища по закону Вейбулла-Гнеденко.

Таблица 3.6 – Сводная таблица результатов обработки значений мутности для трех ИЦВ г. Симферополя

| $C_{min}$                     | $C_{max}$ | $M(C)$ | $\sigma_C$ | Закон распределения                   |
|-------------------------------|-----------|--------|------------|---------------------------------------|
| Симферопольское водохранилище |           |        |            |                                       |
| 1                             | 27        | 6,29   | 7,456      | $f(C)=0,159 \cdot e^{-0,159 \cdot C}$ |
| Партизанское водохранилище    |           |        |            |                                       |
| 2,4                           | 78        | 16,522 | 13,073     | $f(C)=0,061 \cdot e^{-0,061 \cdot C}$ |
| Аянское водохранилище         |           |        |            |                                       |
| 1                             | 15        | 2,482  | 3,572      | $f(C)=0,43 \cdot e^{-0,43 \cdot C}$   |

Таблица 3.7 – Сводная таблица результатов обработки значений цветности для трех ИЦВ г. Симферополя

| $\zeta_{min}$                 | $\zeta_{max}$ | $M(\zeta)$ | $\sigma_\zeta$ | Закон распределения  |
|-------------------------------|---------------|------------|----------------|--|
| Симферопольское водохранилище |               |            |                |  |
| 1                             | 40            | 12,352     | 6,636          | $f(\zeta)=0,081 \cdot e^{-0,081 \cdot \zeta}$  |
| Партизанское водохранилище    |               |            |                |  |
| 7                             | 70            | 24,056     | 13,153         | $f(\zeta)=0,042 \cdot e^{-0,042 \cdot \zeta}$  |
| Аянское водохранилище         |               |            |                |  |
| 5                             | 25            | 12,475     | 5,378          | $f(\zeta) = 0,176 \cdot \left(\frac{\zeta}{14,079}\right)^{1,48} \cdot \exp\left[-\left(\frac{\zeta}{14,079}\right)\right]^{2,48}$ |

На рисунках 3.5-3.7 приведены дифференциальные функции плотности распределения по показателю цветности, математическое ожидание, границы минимального и максимального значения для Симферопольского, Партизанского и Аянского водохранилища. В таблице 3.8



представлены результаты статистической обработки по перманганатной окисляемости (ПО) для четырех ИЦВ соответственно. Значения ПО для четырех ИЦВ распределены по нормальному (Гауссовому) закону распределения. На рисунках 3.8-3.10 приведены дифференциальные функции плотности распределения по показателю ПО, математическое ожидание, границы минимального и максимального значения для Симферопольского, Партизанского и Аянского водохранилища.

Таблица 3.8 - Сводная таблица результатов обработки значений ПО для четырех ИЦВ г. Симферополя

| $ПО_{min}$                    | $ПО_{max}$ | $M(ПО)$ | $\sigma_{ПО}$ | Закон распределения                                  |
|-------------------------------|------------|---------|---------------|--|
| Симферопольское водохранилище |            |         |               |  |
| 2                             | 9          | 4,646   | 1,591         | $f(ПО)=0,219 \cdot \exp[-0,198 \cdot (ПО-4,646)^2]$  |
| Партизанское водохранилище    |            |         |               |  |
| 2,94                          | 5,52       | 4,041   | 0,592         | $f(ПО)=0,217 \cdot \exp[-1,43 \cdot (ПО-4,041)^2]$   |
| Межгорное водохранилище       |            |         |               |  |
| 5,8                           | 7,6        | 6,656   | 0,346         | $f(ПО)=0,346 \cdot \exp[-0,4167 \cdot (ПО-6,656)^2]$ |
| Аянское водохранилище         |            |         |               |  |
| 0,6                           | 4,8        | 2,381   | 1,009         | $f(ПО)=0,208 \cdot \exp[-0,491 \cdot (ПО-2,381)^2]$  |

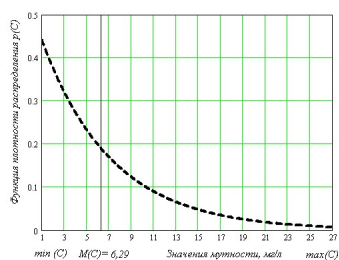


Рисунок 3.2 - Функция плотности распределения мутности Симферопольского водохранилища

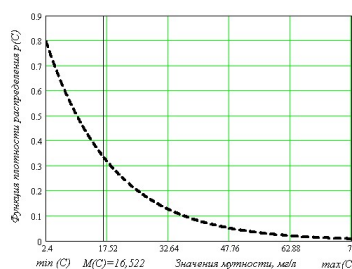


Рисунок 3.3 - Функция плотности распределения мутности Партизанского водохранилища

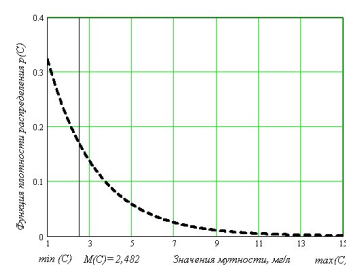


Рисунок 3.4 - Функция плотности распределения мутности Аянского водохранилища

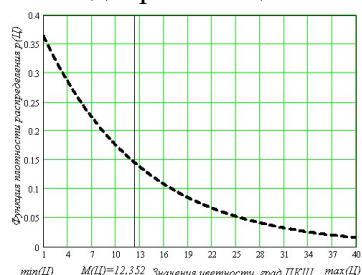


Рисунок 3.5 - Функция плотности распределения значений цветности Симферопольского водохранилища

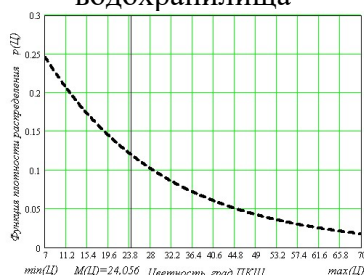


Рисунок 3.6 - Функция плотности распределения значений цветности Партизанского водохранилища

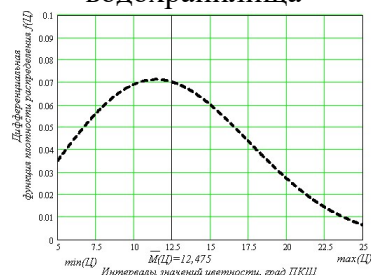


Рисунок 3.7 - Функция плотности распределения значений цветности Аянского водохранилища

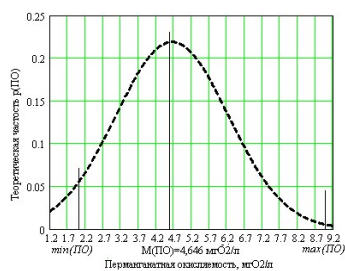


Рисунок 3.8 - Функция плотности распределения значений ПО Симферопольского водохранилища

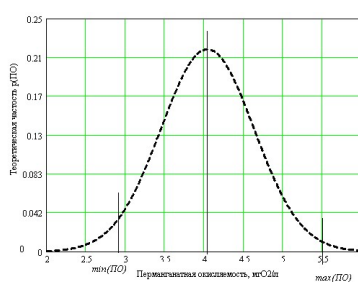


Рисунок 3.9 - Функция плотности распределения значений ПО Партизанского водохранилища.

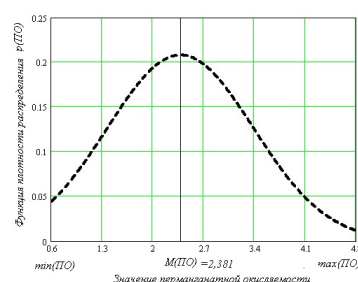


Рисунок 3.10 - Функция плотности распределения значений ПО Аянского водохранилища

Полученные результаты статистической обработки позволяют определить наиболее ожидаемое значение по мутности, цветности и ПО. Практическим применением статистической обработки значений мутности и цветности может служить корректировка выражения для определения годовой потребности коагулянта для ВОС ( $\mathcal{E}_{mat}$ ), которая определяются как:

$$\mathcal{E}_{mat} = 0,85 \cdot 365 \cdot Q_{max.сут} \cdot D_{cp} \cdot C, \quad (3.1)$$

где  $Q_{max.сут}$  - максимальный суточный расчетный объем воды на водоочистой станции;

$C$  - цена одной тонны реагентов (сульфат алюминия), принято 30 руб/кг.

$D_{cp}$  - средняя доза реагента зависит от качества исходной воды и определяется по выражению:

$$D_{cp} = D_{max} \cdot k, \quad (3.2)$$

$k$  - коэффициент, учитывающий качество исходной воды, для вод средней мутности составляет 0,6;

$D_{max}$  - максимальная доза коагулянта, которая определяется пробным коагулированием или по таблице 16 [94], или при помощи следующих выражений:

$$D_{max} = 4 \cdot \sqrt{C}, \quad (3.3)$$

$$D_{max} = 3,5 \cdot \sqrt{M}, \quad (3.4)$$

После определения значения  $D_{max}$  принимается большая из доз, данные расчетов для двух станций производительность  $Q_{сут}=80 тыс. м^3$  сведены в таблице 3.8. Предлагается для расчетов принять среднюю дозу коагулянта по выражениям:

$$D_{cp} = 4 \cdot \sqrt{\bar{C}}, \quad (3.5)$$

$$D_{cp} = 3,5 \cdot \sqrt{\bar{M}}, \quad (3.6)$$

где  $\bar{C}$  - математическое ожидание значения цветности в ИЦВ и  $\bar{M}$  - математическое ожидание значения мутности в ИЦВ.

Результаты расчетов сведены в таблице 3.9, также показан экономический эффект, получаемый при закупке коагулянта сернокислый алюминий, стоимостью 30 руб/кг.

Коагулянт, закупленный в избытке, подвергается слеживанию, способен утрачивает свои химические свойства. Экономия при закупке коагулянта по 0,94 г на 1 м<sup>3</sup> обрабатываемой воды приводит к годовому сбережению предприятием 699,9 тыс. руб. для ВОС «Петровские скалы».

Таблица 3.9 - Сводная таблица результатов расчетов по определению средней дозы коагулянта и экономический эффект

| Наименование гидроузла  | Доза, мг/л определенная по выражению: |                              |                                |                            |                             |                               | Годовой экономический эффект, тыс. руб. |
|-------------------------|---------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|---|
|                         | СНиП 2.04.02-84                       | $D_{max} = 4 \cdot \sqrt{C}$ | $D_{max} = 3,5 \cdot \sqrt{M}$ | $D_{cp} = D_{max} \cdot k$ | $D_{cp} = 4 \cdot \sqrt{C}$ | $D_{cp} = 3,5 \cdot \sqrt{M}$ |   |
| СГУ «Петровские скалы»  | 25                                    | 25,3*                        | 18,18                          | 15                         | 14,06*                      | 8,8                           | 699,9                                   |
| ПГУ «Приятное свидание» | 30                                    | 33,5*                        | 30,9                           | 20,1                       | 19,61*                      | 14,22                         | 364,85                                  |

Примечание 1. \*-Выделены принятые большие дозы

### 3.2 Соответствие питьевой воды нормативным требованиям (Технологические схемы ВОС ИЦВ РК)

Требования к качеству питьевой воды в РФ определены государственными санитарными правилами и нормами «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения», (СанПиН 2.1.4.10704-01) [124]. Требования данного документа максимально приближены к международным нормам качества питьевой воды [123, 154]. В СанПиН 2.1.4.10704-01 [124] определены требования, которые лимитируют пригодность воды к питьевым целям: безопасность в эпидемиологическом отношении; безвредность химического состава; благоприятные органолептические качества; радиационная безопасность.

Эпидемиологическую безопасность контролируют органы санитарно-эпидемиологической станции. Питьевые воды, подаваемые потребителям, подвергают радиационному контролю.

Доведение качественных показателей воды ИЦВ до норм СанПиН 2.1.4.10704-01 [124] перед подачей в муниципальные водопроводы осуществляется на водопроводных очистных сооружениях (ВОС). Проанализировав данные, приведенные в таблицах 3.1 и 3.2, можно заключить, что схемы ВОС, работающие на воде из водохранилищ естественного стока на территории РК приняты двухступенчатыми, включающие горизонтальные отстойники – скорые фильтры (ГО-СФ) - 4 станции. Схемы ВОС, источниками питания, которых являются наливные водохранилища, приняты как двухступенчатыми схемами: горизонтальные отстойники – скорые фильтры (ГО-СФ) – 2 станции (1 объект законсервирован), осветлители со слоем

взвешенного осадка и скорые фильтры (ОВО-СФ) – 4 станции так и одноступенчатыми - контактные осветлители (КО-1) – 2 станции. По-видимому, такой выбор схем для водохранилищ естественного стока обусловлен качественным составом вод не водохранилищ, а качественным составом воды в реках, на которых они построены.

Технологическая схема ВОС, работающая на ИЦВ наливного водохранилища, базирующаяся на одноступенчатом фильтровании, представлена на рисунке 3.11 и соответствует Феодосийским и Керченским ВОС.

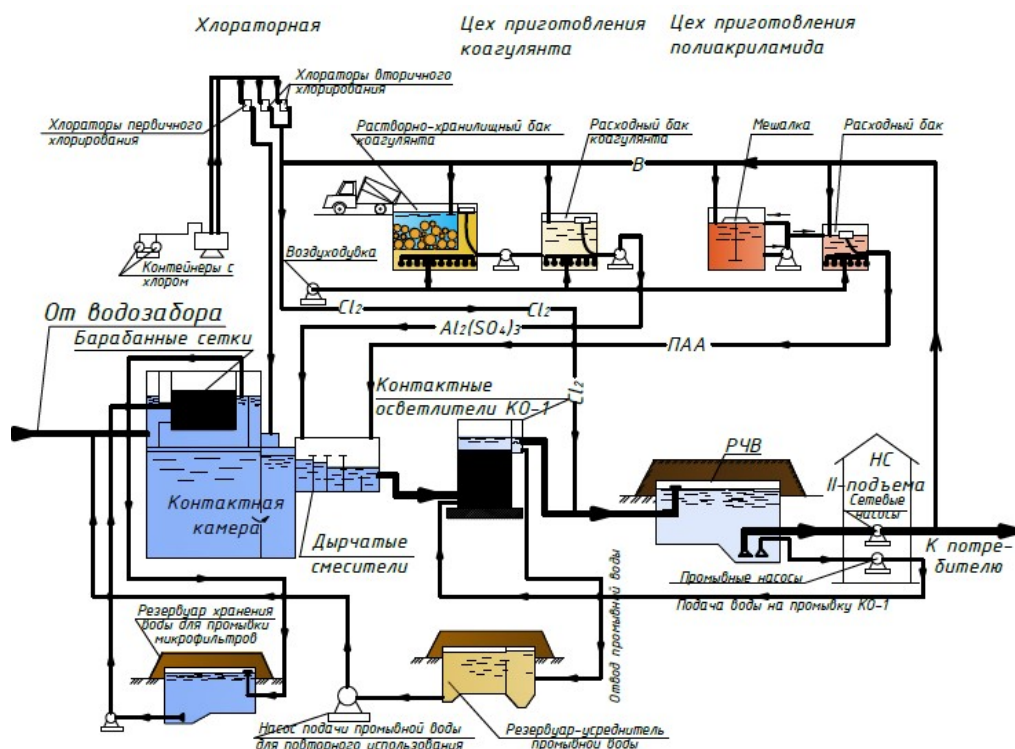


Рисунок 3.11 - Технологическая схема очистки воды Феодосийских и Керченских ВОС

Главный недостаток данных ВОС, в период их функционирования на водах СКК, состоял в неэффективности очистки по снижению органических загрязнений, определенных по показателю ПО, например, значение ПО в РЧВ Феодосийских ВОС составляло  $5,76 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$  [141], в РЧВ Керченских ВОС – 6,95 (Приложение А.1.6) что не соответствовало нормативу [124].

На рисунке 3.12 представлена двухступенчатая технологическая схема, включающая осветлители со слоем взвешенного осадка и скорые фильтры. По данной схеме построены станции очистки: Старокрымские, Сокольские, Станционные, Самарлинские ВОС.

На данный момент на всех перечисленных станциях первая ступень, состоящая из осветлителей со слоем взвешенного осадка (ОВО), не работает, вследствие проблем с эксплуатацией: не обеспечивается равномерность подачи воды, ощущаются колебания по температуре, не определены эффективные дозы реагента, обеспечивающие влияние на работу ОВО.

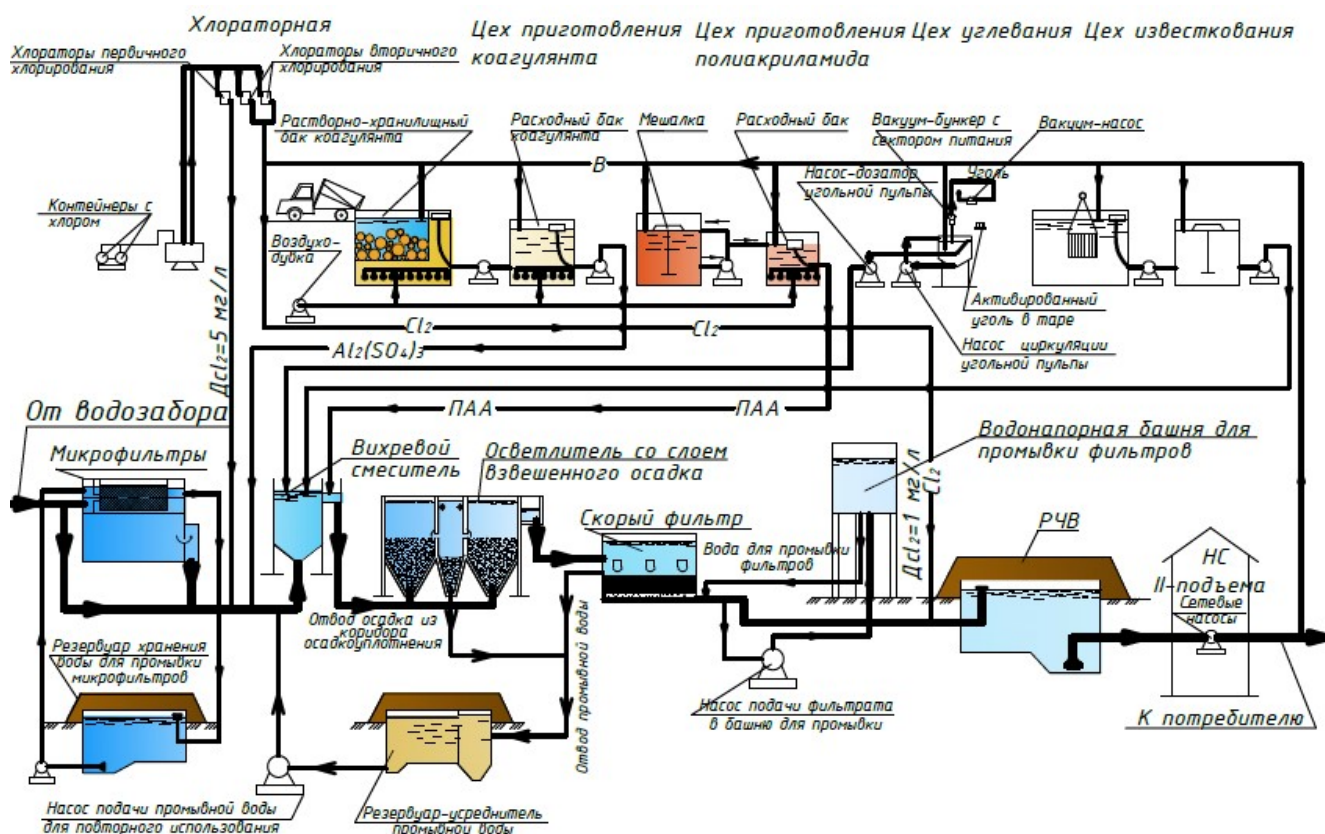


Рисунок 3.12 - Технологическая схема очистки воды Старокрымских, Сокольских, Станционных, Самарлинских ВОС

На рисунках 3.13 и 3.14 представлены двухступенчатые схемы ВОС г. Симферополя, по такому же принципу оборудованы Севастопольские ВОС, Алуштинские и Ленинские.

Технологические схемы очистки г. Симферополя, представлены на рисунках 3.13 и 3.14. Очистные сооружения Симферопольского гидроузла представляют собой двухступенчатую схему очистки (рисунок 3.13): горизонтальные отстойники и скорые фильтры, с применением коагулянтов (сульфат алюминий) и флокулянтов (полиакриламид). Для обеззараживания воды применяется хлорирование (установки гипохлорита натрия, бактерицидные лампы).

Вода Аянского гидроузла очистке не подвергается, применяется только обеззараживание при помощи бактерицидных ламп и подается на ВОС Симферопольского гидроузла, по пути следования вода отбирается для водоснабжения населенных пунктов Салгирской Долины. В летний период вода до ВОС Симферопольского гидроузла не доходит, так как полностью отбирается по пути следования воды в водоводе.

Технологическая схема ВОС Партизанского гидроузла «Приютное свидание» также представляет двухступенчатый комплекс, с применением коагулянтов сернокислый алюминий, ПолиДАДМАХ, флокулянта Полиакриламид, цехом аммонизации. Технологическая схема представлена на рисунке 3.14.



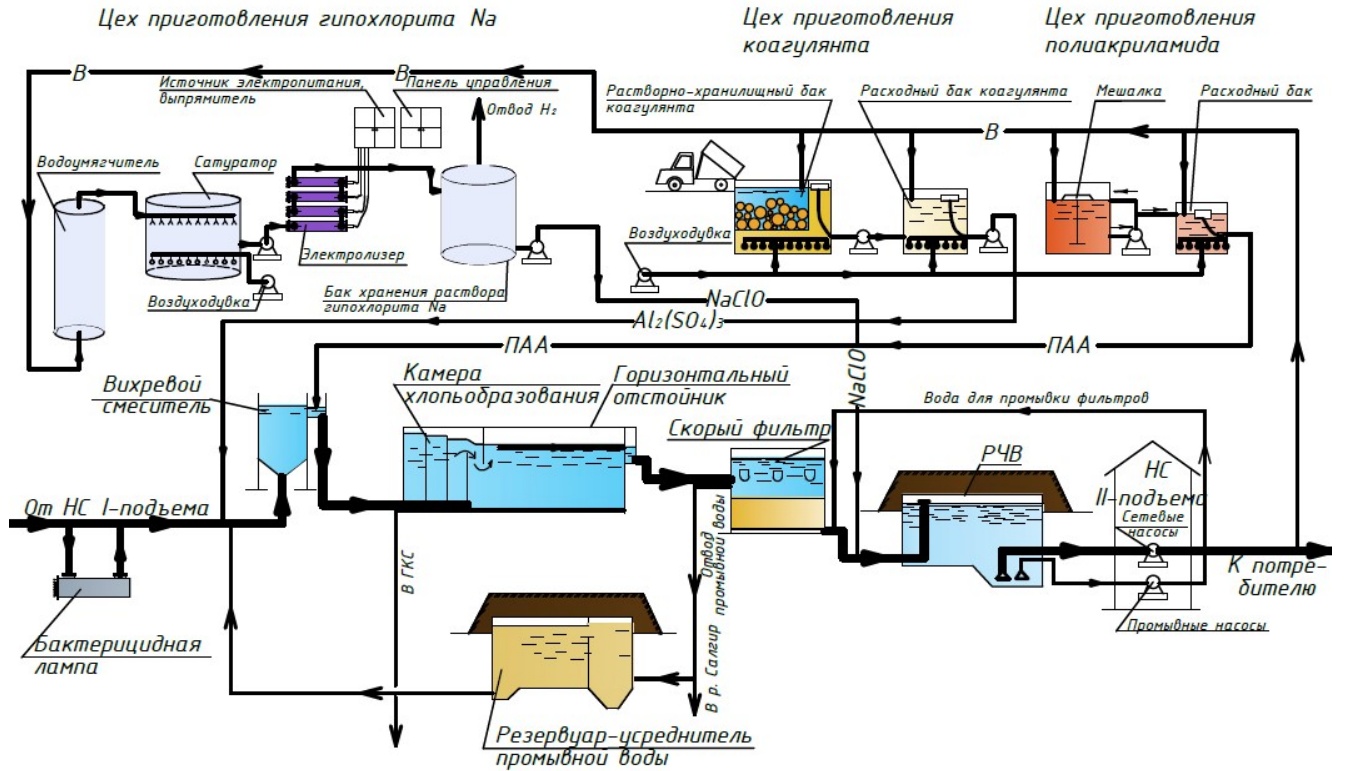


Рисунок 3.13 - Технологическая схема очистки воды Симферопольского гидроузла «Петровский скалы»

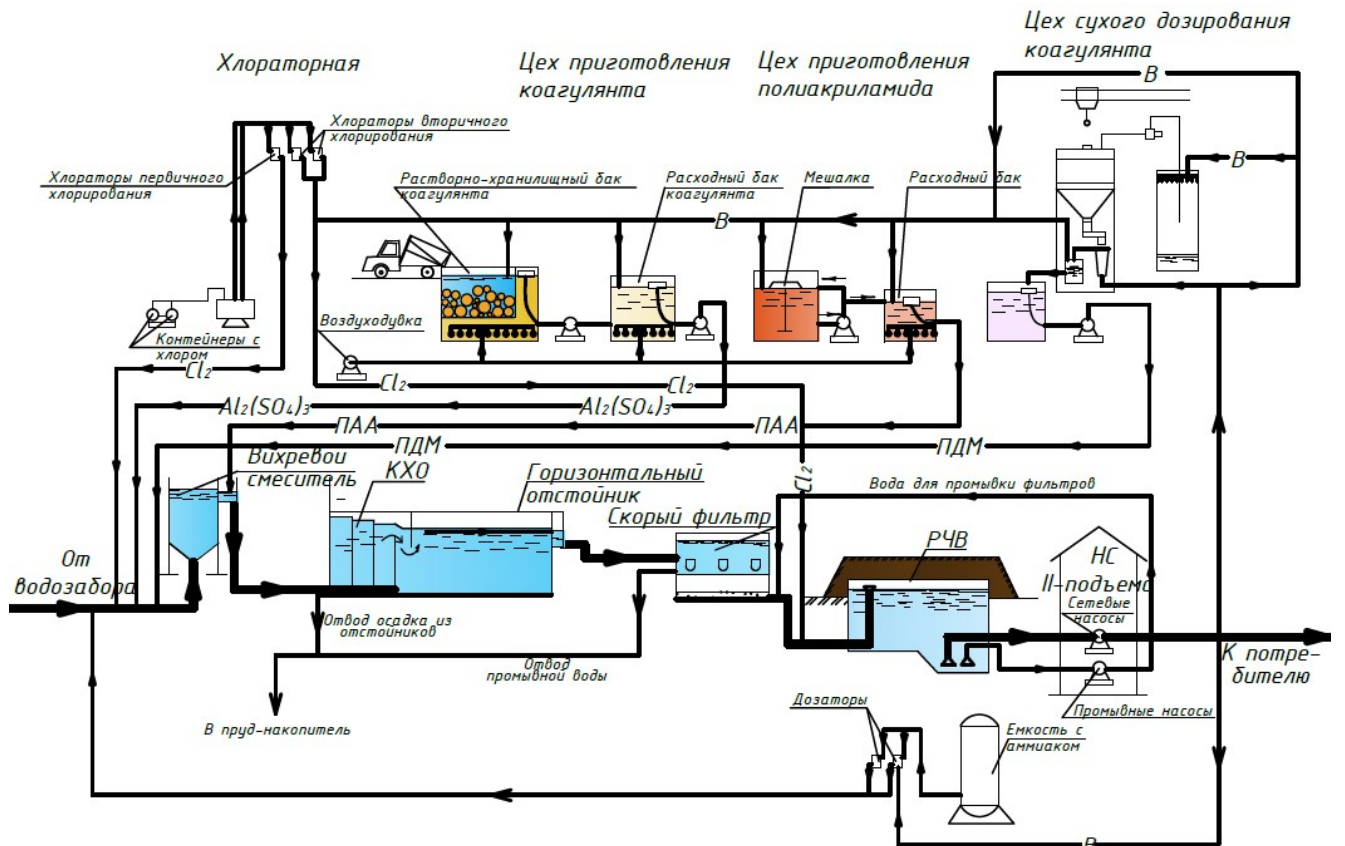


Рисунок 3.14 - Технологическая схема очистки воды Партизанского гидроузла «Приятное свидание»

Комплекс ВОС Межгорного гидроузла «Жаворонки» также представлен двухступенчатой схемой очистки с реагентным хозяйством на пять реагентов: отделение коагулирования (серноокислый) алюминий, отделение флокулирования (Полиакриламид), отделение фторирования (кремнефтористый натрий), отделение подщелачивания (известь), отделение углевания (введение в контактную камеру угольной пульпы), цехом аммонизации. В данный момент объект ВОС Межгорного гидроузла «Жаворонки» законсервирован.

Показатели качества воды (таблица 3.3) по мутности, цветности после очистки (вода в РЧВ Симферопольских, Партизанских, Межгорных ВОС) практически соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 [124]. Исключение составляют периоды пониженных температур, когда наблюдается процесс «вялой коагуляции», значения по мутности не значительно превышают норматив. В период паводка и сильного ветра, как уже отмечалось, в воде, поступающей на ВОС, наблюдается повышенные значения мутности, что негативно сказывается на эффективности работы ВОС по данному показателю. Проанализировав соответствие качества подаваемой потребителю питьевой воды по органолептическим показателям (таблица 3.3), можно сделать заключение, что ВОС города выполняют свою функцию в полной мере. Органолептические показатели питьевой воды, поступающей в г. Симферополь, удовлетворяет требованиям [124], кроме мутности в РЧВ Симферопольского гидроузла, значение которой может превышать норматив в 1,33 раза, и РЧВ Партизанского гидроузла, где превышение по мутности может составлять в 1,47 раз. Как уже отмечалось «частицы, обуславливающие мутность, могут защищать микроорганизмы в процессе обеззараживания, и таким образом стимулировать дальнейший бактериальный рост» [31]. Эффективность ВОС по снижению органических соединений, определенных по показателю перманганатной окисляемости (ПО), значительно хуже в сравнении с другими показателями работы станции.

Безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по содержанию вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения [124]. В таблице 3.10 приведены данные химического анализа воды по хлороформу в ИЦВ, в РЧВ и в различных точках городской водопроводной сети. Пробы воды были отобраны в разные периоды года: в сентябре, когда производится хлорирование повышенными дозами хлора и в декабре, когда температура снижается, как следствие происходит уменьшение содержания патогенных микроорганизмов и обеззараживание производится умеренными дозами хлора.

Таблица 3.10 - Результаты химического анализа поверхностных вод ИЦВ и очищенной воды в распределительной водопроводной сети города на содержание хлороформа, мг/дм<sup>3</sup>

| Наименование проб        | Точки отбора проб                      | 09.2005 | 12.2005 |
|--------------------------|--|---------|---------|
| 1                        | 2                                      | 3       | 4       |
| Вода водохранилищах      | в Аянское водохранилище                | <0,005  | -       |
|                          | Симферопольское Водоохранилище         | -       | <0,005  |
|                          | Партизанское водохранилище             | -       | 0,006   |
|                          | Межгорное водохранилище                | -       | <0,005  |
| На гидроузлах            | РЧВ-6000, на Симферопольском гидроузле | 0,019   | 0,016   |
|                          | РЧВ-6200 (левый РЧВ, правый РЧВ),      | 0,017   | 0,020   |
|                          | РЧВ Партизанского гидроузла            | 0,093   | 0,066   |
|                          | РЧВ «Веселое», Межгорного гидроузла    | 0,159   | 0,174   |
|                          | РЧВ «Жаворонки», Межгорного гидроузла  | 0,112   | 0,168   |
| Первые контрольные точки | г. Симферополь, ул. Гурзуфская, 5      | 0,015   | -       |
|                          | г. Симферополь, ул. С. Ценского, 41    | 0,037   | 0,016   |
|                          | г. Симферополь, ул. Радищева-Гончарова | 0,028   | 0,013   |
|                          | г. Симферополь, ул. Днепровская, 18    | 0,084   | 0,074   |
|                          | г. Симферополь, ул. Карьерная, 2       | 0,151   | 0,086   |
|                          | г. Симферополь, РЧВ, ул. М. Жукова     | 0,173   | 0,099   |
|                          | г. Симферополь, ул. Слуцкого, 18       | 0,098   | 0,079   |
| Первые контрольные точки | г. Симферополь, ул. Слуцкого, 18       | 0,098   | 0,079   |
|                          | г. Симферополь, ул. Заводская, 10      | 0,040   | 0,026   |
|                          | г. Симферополь, пер. Зеленый, 26       | 0,168   | 0,111   |
|                          | г. Симферополь, пер. Крылова, 24       | 0,045   | -       |
|                          | г. Симферополь, ул. Гагарина, 34       | -       | 0,099   |
|                          | г. Симферополь, ул. Слуцкого, 18       | 0,098   | 0,079   |

По данным из таблицы 3.10 следует, что содержания хлороформа в процессе водоподготовки увеличилось в 10 раз. Содержание в питьевой воде на Симферопольском, Партизанском, Межгорном и Аянском гидроузлах и в контрольных точках водопроводной сети не превышает нормативных требований РФ СанПиН 2.1.4.1074-01 [124] на уровне 0,2 мг/дм<sup>3</sup>; для воды Межгорного гидроузла не превышает ПДК, но значения приближены к пороговым концентрациям. Также следует отметить, что в других государствах требования по содержанию в питьевой воде хлороформа намного строже, чем в РФ, так в [154] требования по хлороформу составляют 0,06 мг/дм<sup>3</sup>.

Данные таблицы 3.10 показали, что токсикологические показатели воды, прошедшей ВОС, перед поступлением в г. Симферополь соответствуют требованиям [124]. Из анализа данных качества питьевой воды в различных точках города, следует что вода, поступающая из



Межгорного гидроузла, имела повышенное содержание хлороформа по сравнению с питьевой водой Симферопольского и Партизанского гидроузла.

Эта динамика обусловлена повышенным содержанием в водах Межгорного водохранилища природных и антропогенных органических веществ, которые определяются по интегральному показателю перманганатная окисляемость.

Содержание ПОС определяет качество воды в поверхностном источнике централизованного водоснабжения в процессе ее подготовки, а также после очистки на ВОС. Наличие в воде ПОС оказывает влияние прямым или косвенным образом на такие процессы, как подвижность тяжелых металлов и гидрофильных органических соединений, кинетику агрегации коллоидных примесей [32, 34, 145, 159, 164, 166].

Кроме первичных природных органических соединений, в поверхностных водах присутствуют продукты жизнедеятельности микроорганизмов - растворимые органические соединения разной природы. Они приводят к образованию нежелательных вторичных продуктов окисления, когда при водоподготовке используют предварительную, промежуточную и заключительную стадии окисления [145].

Вторичные продукты хлорирования являются причиной появления в питьевой воде токсичных хлорорганических соединений, опасных для здоровья человека. Хлорорганические соединения практически не удаляются на последующих стадиях водоподготовки и увеличивают токсичность питьевой воды [161].

Хлорорганические токсиканты обладают канцерогенными, мутагенными, тератогенными свойствами, эмбриотоксичностью, генотоксичностью вызывают аллергические реакции, угнетение нервной системы и нарушение обмена веществ в организме человека [161, 166, 168].

Остаточное содержание органических загрязнений способствует образованию комплексных соединений с металлами, взаимодействующими с водой, что также оказывает негативное влияние на здоровье человека [46].

Например, на ВОС города в качестве коагулянта применяют сернокислый алюминий, при применении которого в воде, прошедшей очистку, остаются его концентрации. Кроме того, он уступает современным коагулянтам, при использовании которых не остаются остаточные загрязнения, эргономичны компактные установки по приготовлению растворов для дозирования, и экономичны в эксплуатации [44]. Отметим, что остаточный алюминий обладает мутагенным эффектом, воздействует на центральную нервную систему и способствует появлению болезни Альцгеймера [33, 101, 145, 146, 159, 164, 166].

На рисунке 3.15 представлены данные центральной химико-бактериологической лаборатории ГУП РК «Вода Крыма» по остаточной концентрации алюминия и содержанию ПО в РЧВ Межгорного гидроузла.



Рисунок 3.15 - Содержание перманганатной окисляемости и концентрации остаточного алюминия в воде, прошедшей очистку на ВОС

Из рисунка 3.15 следует, что остаточное содержание сернокислого алюминия коррелирует с показателем ПО, что приведено на рисунке 3.16.

Статистические точки на рисунке 3.16 обобщаются зависимостью:

$$C_{Al} = 0,1136 \cdot (C_{ПО}) - 0,517, \quad (3.6)$$

где  $C_{ПО}$  - концентрация перманганатной окисляемости  $мгО_2/дм^3$ , а  $C_{Al}$  - концентрация остаточного содержания алюминия,  $мг/дм^3$ .

Индекс корреляции составляет 0,95, что свидетельствует о сильной корреляционной связи [18].

Исходя из данных, представленных на рисунке 3.16 значения остаточного содержания алюминия в воде РЧВ не превышает лимитирующего значения 0,5  $мгО_2/дм^3$  [124], но аналитическое выражение 3.6 позволяет рассчитать при каком значении ПО будет достигнуто предельное значение содержания алюминия.

### 3.3 Анализ эффективности работы ВОС г. Симферополя по удалению органических загрязнений

Как было отмечено ранее, снижение органических загрязнений в процессе водоподготовки является одной из актуальных задач совершенствования технологии подготовки питьевых вод из поверхностных источников. Для принятия тех или иных решений в первую очередь необходимо провести оценку содержания данного показателя в воде ИЦВ – перед очисткой, воде РЧВ – после стандартной очистки и выявить реальную эффективность действующих традиционных сооружений по данному показателю.

В нормативных документах Всемирной организации здоровья (ВОЗ) [123] и Европейского союза (ЕС) [154] требования к питьевой воде сходны, с требованиями нормативных документов РФ [124]. Требования по содержанию органических соединений в воде источников централизованного питьевого водоснабжения РФ определены ГОСТ 2761-84\* [37] (таблица 3.11).

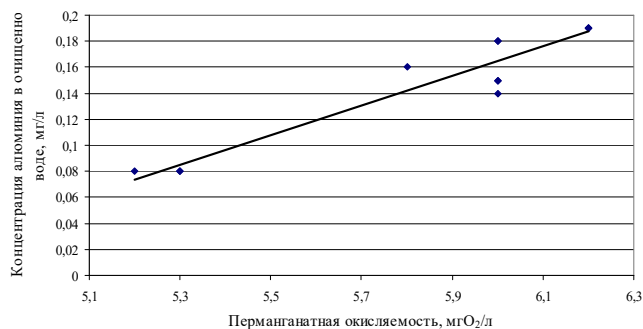


Рисунок 3.16 - График зависимости остаточного содержания алюминия в воде, прошедшей очистку на ВОС от остаточного содержания ПО

Таблица 3.11 - Классификация качества воды поверхностных источников централизованного питьевого водоснабжения по ГОСТ 2761-84\* [37]

| Показатель   | Класс качества |    |    |
|--|----------------|----|----|
|  | 1              | 2  | 3  |
| Перманганатная окисляемость, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | 7              | 15 | 20 |

Нормативные требования для воды, прошедшей очистку на ВОС, по содержанию органических соединений, определенных по показателю перманганатная окисляемость (ПО) и представлены в таблице 3.12.

Таблица 3.12 - Требования нормативных документов для питьевой воды

| Показатель                            | Нормативный документ        |                      |
|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|                                       | СанПиН 2.1.4.10704-01 [124] | ВОЗ [123] и ЕС [154] |
| ПО, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | <5                          | <2                   |

Проанализировать эффективность работы ВОС по показателю органические загрязнения, могут помочь математические модели прогноза качества по органическим загрязнениям в воде ИЦВ и в воде, прошедшей очистку на ВОС.

Значение содержания органических загрязнений по показателю ПО в воде четырех ИЦВ г. Симферополя: Симферопольское, Партизанское, Межгорное и Аянское водохранилище, а также в резервуарах чистой воды (РЧВ) ВОС, работающих на этих водохранилищах за период с 2002 по 2009 годы были обработаны при помощи стандартных статистических методов с определением законов распределения, которые связывают возможные значения ПО с вероятностью их появления. Для аналитического представления результатов в диапазоне измеряемых параметров и их анализа эмпирические данные заменялись теоретическим распределением, с последующей проверкой по критерию согласия Пирсона [12, 25]. Промежуточные расчеты статистической обработки данных по содержанию органических загрязнений в воде ИЦВ и в воде РЧВ, приведены в приложении А.

На рисунках 3.17 - 3.20 представлены плотности распределения для четырех ИЦВ г. Симферополя (Симферопольское, Межгорное, Партизанское и Аянское водохранилище), представлено математическое ожидание для каждого распределения, а также указаны предельные значения для  $PO_{lim}$ , соответствующие 1 классу на уровне 7 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> [37].

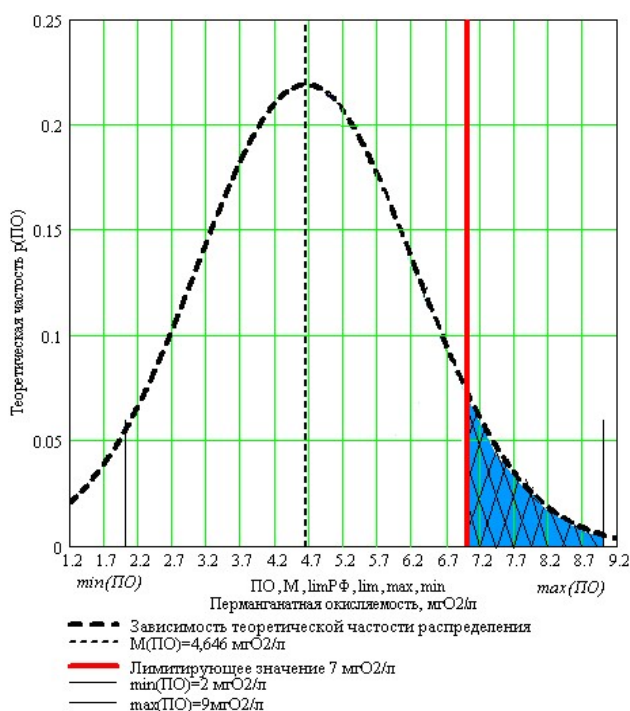
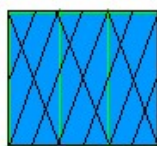


Рисунок 3.17 - Функция плотности распределения значений ПО для воды из Симферопольского водохранилища предельное значение  $PO_{lim}=7$  мгО<sub>2</sub>/л

Условные обозначения



Область значений ПО, превышающих лимитирующее значение на уровне 7 мгО<sub>2</sub>/л

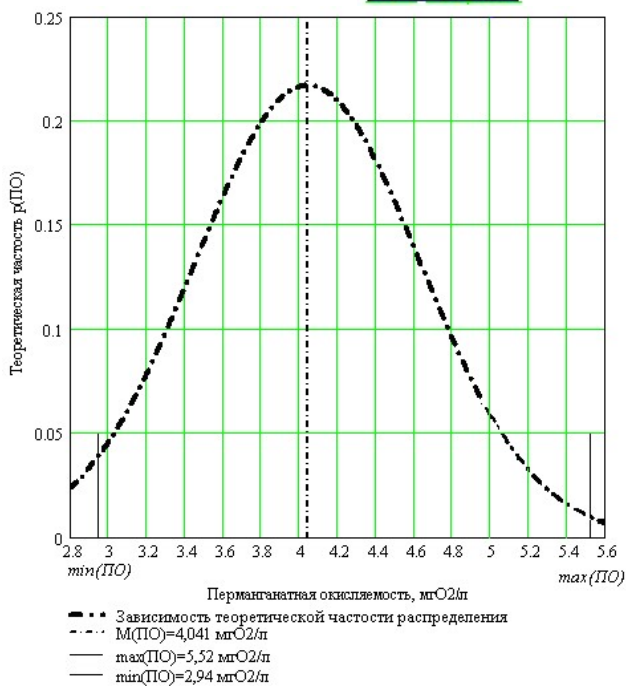


Рисунок 3.19 - Функция плотности распределения значений ПО для воды из Партизанского водохранилища

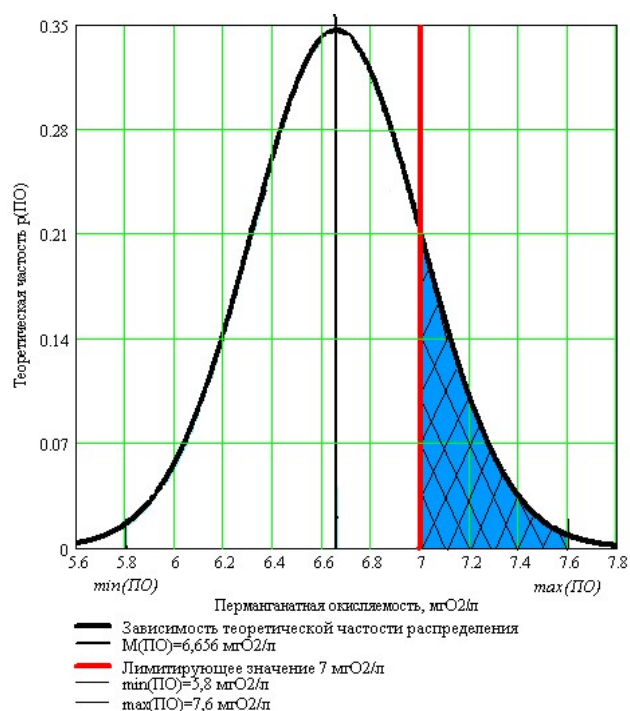


Рисунок 3.18 - Функция плотности распределения значений ПО для воды из Межгорного Водоохранилища предельное значение  $PO_{lim}=7$  мгО<sub>2</sub>/л

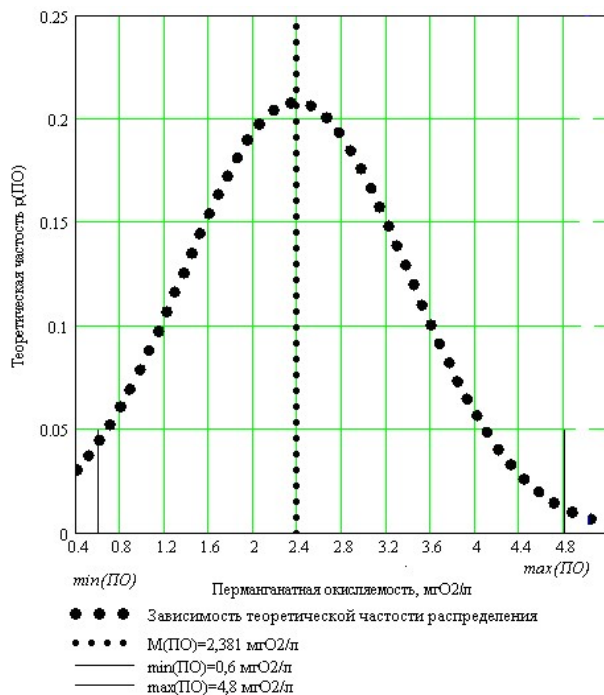


Рисунок 3.20 - Функция плотности распределения значений ПО для воды из РЧВ Аянского водохранилища

Из рисунков 3.17-3.20 следует, что значение теоретической частоты распределения содержания органических загрязнений Межгорного и Симферопольского водохранилища превышает предельное значение для источника 1 класса. Содержание органических загрязнений для Партизанского и Аянского водохранилища практически не превышают предельное значение.

Определим вероятности превышения предельного значения содержания органических веществ в воде Симферопольского и Межгорного водохранилища по выражению:

$$P(ПО > 7) = 1 - \Phi\left[\frac{(M(ПО) - 7)}{\sigma}\right], \quad (3.7)$$

где  $M(ПО)$  – математическое ожидание концентрации органических загрязнений в воде водохранилищ;  $\sigma$  - среднее квадратическое отклонение концентрации органических загрязнений в воде водохранилищ.

$$\Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du - \text{функция Лапласа.}$$

Для воды из Симферопольского водохранилища:

$$P(X > 7) = 1 - \Phi\left(\frac{4,646 - 7}{1,591}\right) = 1 - \Phi(1,479) = 1 - 0,9306 = 0,0694;$$

Для воды из Межгорного водохранилища:

$$P(X > 7) = 1 - \Phi\left(\frac{6,656 - 7}{0,346}\right) = 1 - \Phi(0,99) = 1 - 0,338 = 0,6611.$$

Вероятность превышения содержания органических загрязнений предельного значения: для Симферопольского водохранилища граничного значения  $ПО_{\text{lim}}=7$  мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> - 6,94%; для Межгорного водохранилища - 66,11%.

Аналогичный комплекс параметров был определен для воды, прошедшей очистку на ВОС, и поступившей в РЧВ соответствующих ВОС (Симферопольского, Партизанского, Межгорного гидроузла представлены двухступенчатой схемой очистки: ГО-СФ). Вода Аянского гидроузла очистке не подвергается, только обеззараживанию при помощи бактерицидных ламп. Результаты расчетов по статистической обработке значений органических загрязнений для воды четырех гидроузлов (вода в РЧВ) сведены в таблицу 3.13.

Таблица 3.13 – Результаты обработки значений ПО для воды из РЧВ

| $ПО_{min}$                | $ПО_{max}$ | $M(ПО)$ | $\sigma_{ПО}$ | Закон распределения                                 |
|---------------------------|------------|---------|---------------|---|
| Симферопольский гидроузел |            |         |               |   |
| 1,9                       | 6,56       | 4,179   | 0,928         | $f(ПО)=0,25 \cdot \exp[-0,581 \cdot (ПО-4,179)^2]$  |
| Партизанский гидроузел    |            |         |               |   |
| 2,18                      | 4,9        | 3,306   | 0,577         | $f(ПО)=0,235 \cdot \exp[-1,502 \cdot (ПО-3,306)^2]$ |
| Межгорный гидроузел       |            |         |               |   |
| 5                         | 7          | 5,931   | 0,411         | $f(ПО)=0,243 \cdot \exp[-2,959 \cdot (ПО-5,931)^2]$ |
| Аянский гидроузел         |            |         |               |   |
| 0,6                       | 4,8        | 2,381   | 1,009         | $f(ПО)=0,208 \cdot \exp[-0,491 \cdot (ПО-2,381)^2]$ |

На рисунках 3.21 - 3.24 представлены плотности распределения содержания органических загрязнений для воды четырех гидроузлов г. Симферополя, а также указаны лимитирующие значения содержания органических веществ стандарты ВОЗ [123] и ЕС [154] и СанПиН по [124], соответственно  $ПО_{lim}=2 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$  и  $ПО_{lim}=5 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ .

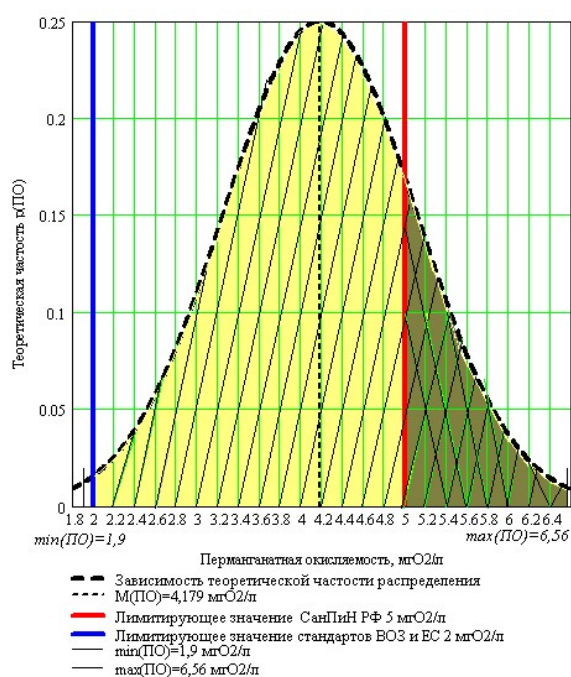


Рисунок 3.21 - Функция плотности распределения значений ПО для воды из РЧВ Симферопольского гидроузла предельное значение ПО (стандарты ВОЗ и ЕС и СанПиН)

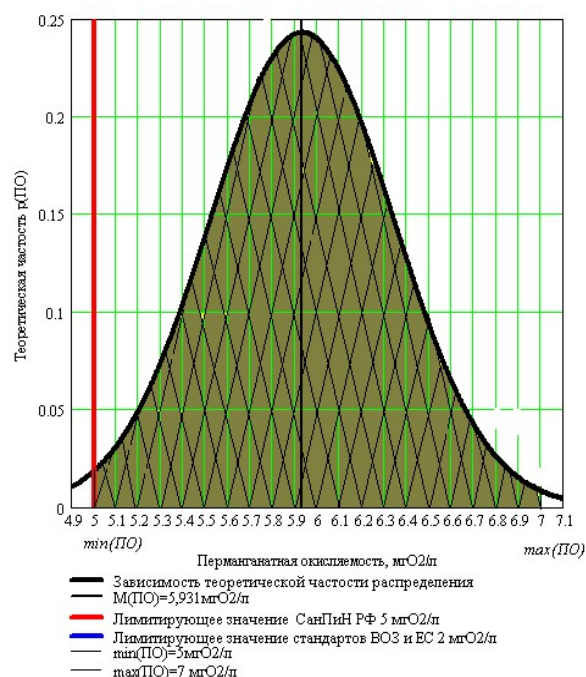
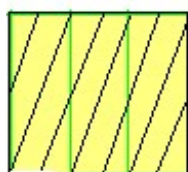
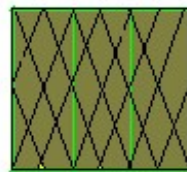


Рисунок 3.22 - Функция плотности распределения значений ПО для воды из РЧВ Межгорного гидроузла предельное значение ПО (стандарты СанПиН)

Условные обозначения



Область значений ПО в воде РЧВ, превышающих лимитирующее значение стандартов ВОЗ и ЕС на уровне 2 мгО<sub>2</sub>/л



Область значений ПО в воде РЧВ, превышающих лимитирующее значение СанПиН РФ на уровне 5 мгО<sub>2</sub>/л

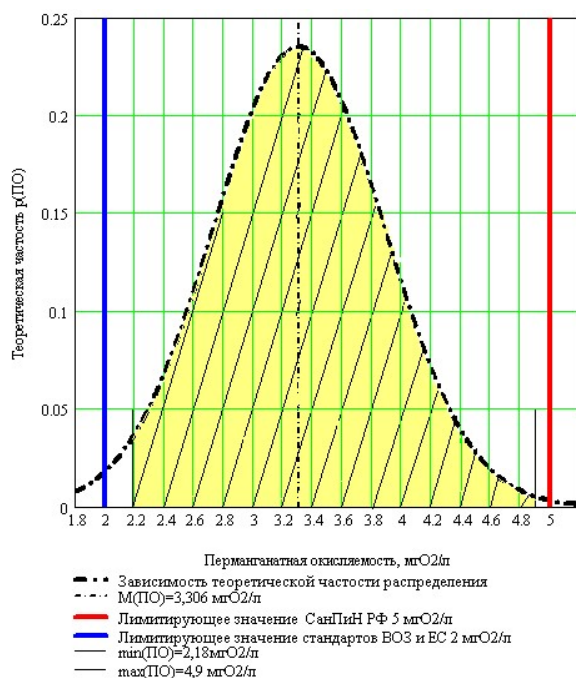


Рисунок 3.23 - Функция плотности распределения значений ПО для воды из РЧВ Партизанского гидроузла предельное значение ПО (стандарты ВОЗ и ЕС и СанПиН)

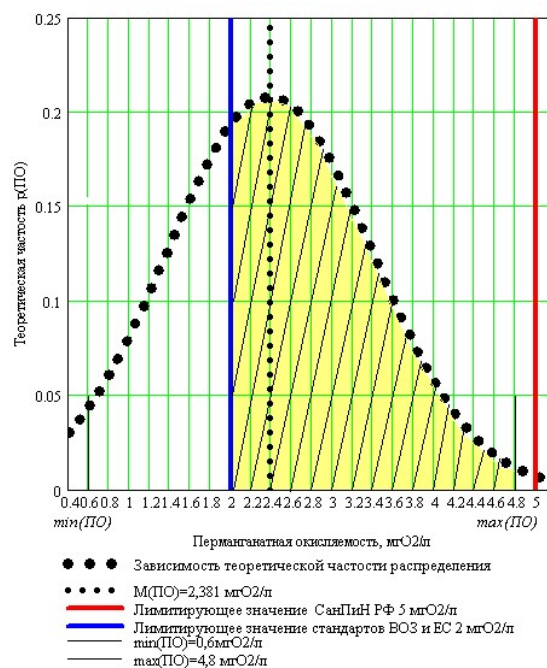


Рисунок 3.24 - Функция плотности распределения значений ПО для воды из Аянского водохранилища предельное значение ПО (стандарты ВОЗ и ЕС и СанПиН)

Из рисунков 3.21 - 3.24 следует, что содержание органических загрязнений в воде из РЧВ четырех гидроузлов г. Симферополя превышают предельное значение. Определить вероятность превышения значений органических соединений граничного значения на уровне  $5 \text{ мгО}_2/\text{л}$  поможет выражение:

$$P(ПО > 5) = 1 - \Phi\left[\frac{(M(ПО) - 5)}{\sigma}\right], \quad (3.8)$$

Для воды из РЧВ Симферопольского гидроузла:

$$P(X > 5) = 1 - \Phi\left(\frac{4,179 - 5}{0,928}\right) = 1 - \Phi(-0,885) = 1 - 0,812 = 0,188;$$

Для воды из РЧВ Партизанского гидроузла:

$$P(X > 5) = 1 - \Phi\left(\frac{3,306 - 5}{0,577}\right) = 1 - \Phi(-2,936) = 1 - 0,9983 = 0,0017;$$

Для воды из РЧВ Межгорного гидроузла:

$$P(X > 5) = \Phi\left(\frac{5,931 - 5}{0,411}\right) = \Phi(2,265) = 0,988;$$

Для воды Аянского гидроузла:



$$P(X > 5) = 1 - \Phi\left(\frac{2,381 - 5}{1,009}\right) = 1 - \Phi(-2,596) = 1 - 0,9953 = 0,0047.$$

Таким образом, вероятность превышения содержания органических загрязнений предельного значения [124] для воды из РЧВ Симферопольского гидроузла составляет 18,8%; для воды из РЧВ Партизанского гидроузла – 0,17%; для воды из РЧВ Межгорного гидроузла – 98,8%; воды из РЧВ Аянского гидроузла – 0,47%.

Определим вероятности превышения значений органических соединений граничного значения на уровне 2 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> норм ВОЗ [123] и ЕС [154] по формуле:

$$P(ПО > 2) = 1 - \Phi\left[\frac{(M(ПО) - 2)}{\sigma}\right], \quad (3.9)$$

Для воды из РЧВ Симферопольского гидроузла:

$$P(X > 2) = \Phi\left(\frac{4,179 - 2}{0,928}\right) = \Phi(2,348) = 0,9905;$$

Для воды из РЧВ Партизанского гидроузла:

$$P(X > 2) = \left(\frac{3,306 - 2}{0,577}\right) = \Phi(2,263) = 0,9876;$$

Для воды из РЧВ Межгорного гидроузла:

$$P(X > 2) = \Phi\left(\frac{5,931 - 2}{0,411}\right) = \Phi(9,54) = 1;$$

Для воды Аянского гидроузла:

$$P(X > 2) = \left(\frac{2,381 - 2}{1,009}\right) = (0,3776) = 0,6472.$$

Тогда, вероятность превышения предельного значения нормативов ВОЗ [123] и ЕС [154] содержания органических загрязнений: для воды из РЧВ Симферопольского гидроузла составляет 99,05%; для воды из РЧВ Партизанского гидроузла – 98,76%; для воды из РЧВ Межгорного гидроузла – 100%; воды из РЧВ Аянского гидроузла – 64,72%.

Эффективность работы водопроводных очистных сооружений по снижению содержания органических соединений оценим по выражению:

$$\frac{M(ПО_{И}) - M(ПО_{РЧВ})}{M(ПО_{И})} \cdot 100\%, \quad (3.10)$$

где  $M(ПО_{И})$  - математическое ожидание концентрации органических загрязнений в воде источника централизованного водоснабжения;



$M(ПО_{РЧВ})$  - математическое ожидание концентрации органических загрязнений в воде РЧВ.

Симферопольские ВОС:

$$\frac{4,646 - 4,179}{4,646} \cdot 100\% = 10,05\%;$$

Партизанские ВОС:

$$\frac{4,041 - 3,306}{4,041} \cdot 100\% = 18,18\%;$$

Межгорные ВОС:

$$\frac{6,656 - 5,931}{6,656} \cdot 100\% = 10,89\%.$$

Следовательно, степень удаления органических загрязнений на водопроводных очистных сооружениях составляет от 10,05% до 18,18%, тогда остаточное содержание органических загрязнений (89,95% и 81,82%) поступает в питьевую воду.

В соответствии с нормативными стандартами ВОЗ [123] и ЕС [154] степень удаления органических загрязнений должна составлять:

$$\frac{M(ПО_{И}) - M(ПО_{РЧВ})}{M(ПО_{И})} \cdot 100\%, \quad (3.11)$$

где  $M(ПО_{И})$  - математическое ожидание концентрации органических загрязнений в воде источника централизованного водоснабжения;

$M(ПО_{РЧВ})$  - математическое ожидание концентрации органических загрязнений в воде РЧВ на уровне 2 мгО<sub>2</sub>/л.

Рекомендуемая степень очистки на Симферопольских ВОС:

$$\frac{4,646 - 2}{4,646} \cdot 100\% = 57\%;$$

На Партизанских ВОС:

$$\frac{4,041 - 2}{4,041} \cdot 100\% = 51,25\%;$$

На Межгорных ВОС:

$$\frac{6,656 - 2}{6,656} \cdot 100\% = 69,95\%.$$

Требуемая степень удаления органических загрязнений на существующих ВОС г. Симферополь для обеспечения соответствия качества питьевой воды нормам ВОЗ [123] и ЕС

[154] должна составлять: Симферопольские ВОС - 57%; Партизанские ВОС – 51,25%; Межгорные ВОС - 69,95%.

Все данные по определению вероятности превышения предельного значения содержания органических веществ, определенных по показателю ПО в источниках централизованного питьевого водоснабжения, в резервуарах чистой воды – воды, прошедшей очистку на ВОС, превышение нормативных требований СанПиН 2.1.4.10704-01 [124] и нормативных документов ВОЗ и ЕС сведены в таблицу 3.14.

Таблица 3.14 - Сводные данные по полученным результатам статистической обработки содержания органических веществ, определенных по показателю ПО

| № | Источник водоснабжения         | Вероятность превышения предельного значения содержания органических веществ, определенных по показателю ПО |  |   | Существующая степень очистки по снижению органических веществ, определенных по показателю ПО ВОС, % | Требуемая степень очистки по органическим веществам, определенным по показателю ПО ВОС, % |
|---|--------------------------------|--|--|---|---|---|
|   |                                | по ГОСТ 2761-84* (7 мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> ), %   | по СанПиН 2.1.4.1070 4-01, (5 мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> ), % | по ВОЗ и ЕС (2 мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> ), % |   |   |
| 1 | Симферопольское водохранилище  | 6,94   |  |   |   |   |
| 2 | Межгорное водохранилище        | 16,10  |  |   |   |   |
| 3 | РЧВ Симферопольского гидроузла |  | 18,80  | 99,05   | 10,50   | 57,00   |
| 4 | РЧВ Партизанского гидроузла    |  | 0,17   | 98,76   | 18,18   | 51,25   |
| 5 | РЧВ Межгорного гидроузла       |  | 98,80  | 100,00  | 10,89   | 69,95   |
| 6 | РЧВ Аянского гидроузла         |  | 0,47   | 64,72   |   |   |

Из приведенных данных следует, что требования ВОЗ [123] и ЕС [154] по удалению органических соединений, определенных по показателю перманганатная окисляемость, на действующих ВОС не достигаются.

Для обеспечения требуемых нормативов необходима технологическая схема или конструкция устройства для очистки воды, позволяющая снизить содержание органических соединений.

### Выводы по разделу 3

1. Поверхностные источники централизованного водоснабжения в Республике Крым представлены водохранилищами естественного стока и наливного типа.

2. Водоохранилища наливного типа характеризуются длительным периодом цветения с образованием запахов, а водохранилища естественного стока средней цветностью и малой

мутностью, но в период паводков, вода, поступающая на ВОС, имеет повышенные значения мутности.

3. Схемы ВОС, работающие на воде из водохранилищ естественного стока на территории РК приняты двухступенчатыми, включающие горизонтальные отстойники – скорые фильтры (ГО-СФ), а схемы ВОС, источниками питания которых являются наливные водохранилища, приняты как двухступенчатыми: горизонтальные отстойники – скорые фильтры (ГО-СФ), осветлители со слоем взвешенного осадка и скорые фильтры (ОВО-СФ), так и одноступенчатыми - контактные осветлители (КО-1).

4. Выполнена статистическая обработка значений мутности, цветности, для воды Симферопольского, Партизанского, Аянского и Межгорного водохранилища, позволяющая более оптимально определить количество закупаемого коагулянта для муниципальных ВОС.

5. Определены функции плотности распределения содержания в воде органических загрязнений по показателю перманганатная окисляемость для четырех источников централизованного питьевого водоснабжения г. Симферополя и выявлено, что они подчинены нормальному закону распределения.

6. Выявлено, что значения вероятности распределения содержания органических соединений в воде Межгорного и Симферопольского водохранилищ превышают значения граничной концентрации органических веществ в воде источников централизованного водоснабжения на 66,11% и 6,94% соответственно.

7. Наибольшая концентрация органических веществ находится в воде Межгорного водохранилища, воды которого были подвергнуты наибольшему антропогенному воздействию [95]. Математическое ожидание органических загрязнений соответствует 6,656 мгО<sub>2</sub>/л.

8. Определено, что вероятность превышения граничного значения содержания органических загрязнений в воде [124], прошедшей очистку на водопроводных очистных сооружениях составляет для воды из РЧВ Симферопольского гидроузла – 18,8%; для воды из РЧВ Партизанского гидроузла – 0,17 %; для воды из РЧВ Межгорного гидроузла – 98,8%; и для воды из РЧВ Аянского гидроузла – 0,47%.

9. Оценена вероятность превышения предельного значения нормативов ВОЗ [123] и ЕС [154] содержания органических загрязнений: для воды из РЧВ Симферопольского гидроузла составляет 99,05%; для воды из РЧВ Партизанского гидроузла – 98,76%; для воды из РЧВ Межгорного гидроузла – 100%; воды из РЧВ Аянского гидроузла – 64,72%.

10. Барьерная способность водопроводных очистных сооружений относительно органических загрязнений составляет: Симферопольские ВОС - 10,05%; Партизанские ВОС – 18,19%; Межгорные ВОС -10,89%.

11. Рекомендуемая степень очистки для обеспечения соответствия качества питьевой воды нормам ВОЗ [123] и ЕС [154]: Симферопольские ВОС - 57%; Партизанские ВОС – 51,25%; Межгорные ВОС - 69,95% [81, 83, 84, 86, 131].

**РАЗДЕЛ 4****ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ НА  
КРУПНОМАСШТАБНОЙ ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ С ПЛАВАЮЩЕЙ  
ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ЗАГРУЗКОЙ И СОРБЦИОННЫМ ФИЛЬТРОМ****4.1 Описание крупномасштабной фильтровальной установки**

Анализ показателей работы некоторых ВОС поверхностных ИЦВ Республики Крым позволил сформулировать основные вопросы исследования, которые заключаются в разработке эффективных параметров эксплуатации существующих технологических схем, позволяющих обеспечить устойчивый эффект очистки в паводковый период и в период пониженных температур, когда не обеспечиваются показатели СанПиН 2.1.4.1074-01 [125] по показателю мутности; нахождения оптимального технологического решения по снижению содержания органических соединений в очищенной воде на ВОС. Для выполнения основных задач исследования была сконструирована и изготовлена установка, включающая реагентную обработку, и состоящую из осветлителя со слоем взвешенного осадка и рециркулятора осадка и пенополистирольного фильтра, а также дополнительной ступени очистки - сорбционного фильтра. Принятая конструкция позволяет эффективно очистить от мутности и органических загрязнений, и как следствие не позволить появиться сложным хлорорганическим соединениям.

Данная конструкция имеет ряд преимуществ:

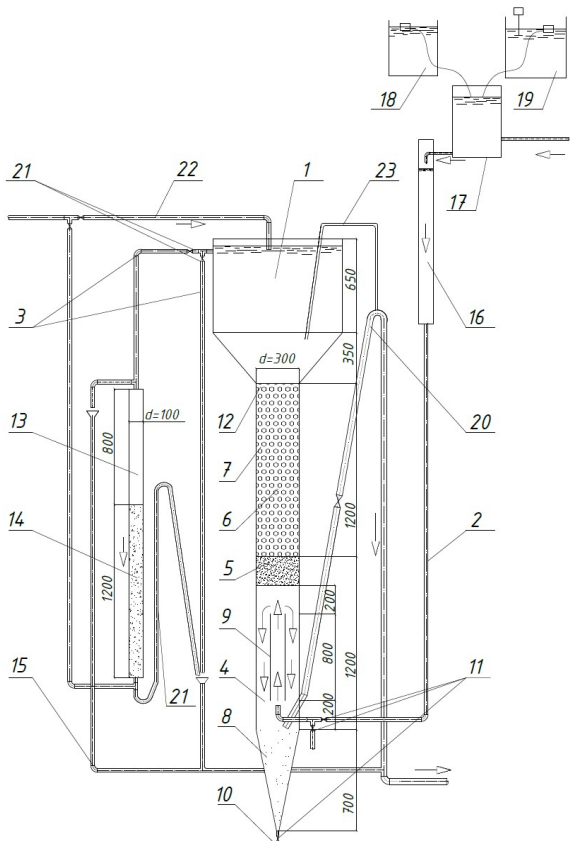
- удаление органических загрязнений;
- уменьшение размеров установки за счет рециркуляции осадка;
- уменьшение продолжительности очистки до требуемых величин;
- комбинированное сооружение, обладает эргономичностью по сравнению с аналогичными, но отдельными сооружениями, что хорошо применимо для реконструкций станций с ограниченной площадью;
- эксплуатация заблокированных сооружений позволяет экономить энергетические ресурсы при регенерации, воду последовательно используют как для промывки фильтров, так и для продувки осветлителей;
- комбинированные сооружения позволяют экономить капитальные затраты при их возведении, единый корпус, экономия технологических трубопроводов и арматуры.

Экспериментальная установка разработана для выполнения основных задач диссертационного исследования, с конструктивными и режимными параметрами, позволяющими проводить исследования в соответствии со стандартными методиками.

Экспериментальные исследования были проведены на воде водохранилища естественного стока (Симферопольское) с применением реагентов сернокислый алюминий, хлорное железо, Полвак-40, Магнафлок и на воде наливного водохранилища (Межгорное),

наполняемого водами СКК с применением реагента ПолиДАДМАХ. Первоначально установка была смонтирована на Симферопольских ВОС «Петровские скалы» где была проведена серия экспериментов и найдены оптимальные параметры реагентной очистки. Затем фильтровальная установка была перевезена и установлена на Межгорных ВОС «Жаворонки» для проведения фильтроциклов на водах, подвергшихся антропогенному воздействию.

Крупномасштабная фильтровальная установка имеет суточную производительность по очищенной воде  $10,17 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Диаметр корпуса установки составляет  $0,3 \text{ м}$ , тогда площадь живого сечения составит  $F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 0,07065 \text{ м}^2$ , часовой расход при скорости фильтрования равной  $v=6 \text{ м/ч}$  составляет  $Q_{\text{ч}}=0,071 \cdot 6=0,424 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а суточная производительность  $Q_{\text{сут}}=0,424 \cdot 24=10,17 \text{ м}^3/\text{сут}$ . Проект установки выполнен в соответствии с патентом Украины [111]. Схема крупномасштабной фильтровальной установки представлена на рисунке 4.1. состоит из первой ступени, включающей в себя осветлитель со слоем взвешенного осадка и рециркулятор, а также фильтр, загруженный плавающей пенополистирольной загрузкой, и второй ступени – фильтровальной колонны, загруженной активированным углем марки АГ-3.



а)



б)

Рисунок 4.1 - Крупномасштабная фильтровальная установка (а-рисунок; б-фотография)  
 1 - корпус установки; 2 – трубопровод подачи воды для очистки; 3 – трубопровод отвода очищенной воды; 4 – нижняя камера – рециркулятор для взвешенного осадка; 5 – слой

взвешенного осадка; 6 – плавающая фильтрующая загрузка; 7 – верхняя камера; 8 – сгуститель шлама; 9 – рециркулятор осадка; 10 – трубопровод для отвода шлама; 11 – задвижка на трубопроводах 2, 3, 10; 12 – пьезометр; 13 – сорбционная колонна; 14 – загрузка сорбционной колонны активированным углем марки АГ-3, высотой 1,2 м; 15 – трубопровод отвода промывной воды; 16 – воздухоотделитель; 17 – смеситель; 18 – бак суспензии замутнителя; 19 – бак дозатора коагулянта; 20 – сифон; 21 – трубопровод отвода очищенной воды из сорбционной колонны; 22 - трубопровод подачи воды на промывку загрузки; 23 – трубопровод перелива из верхней камеры 7.

Установка для очистки воды работает следующим образом. Очищаемая вода подается в корпус установки 1, через трубопровод подачи воды 2. Также в трубопровод 2 дозируется коагулянт и по потребности – замутнитель (раствор бентонита). При прохождении воды через нижнюю камеру 4, при добавлении коагулянта, происходит образование скоагулированных частиц, которые благодаря прохождению через рециркулятор осадка 9 образуют слой взвешенного осадка 5. При прохождении воды сквозь плавающую зернистую загрузку 6, происходит окончательное очищение от загрязнений в верхней камере 7. Очищенная вода выходит из верхней камеры 7, через трубопровод отвода очищенной воды 3 при открытии задвижки 11. Излишний осадок 5 из нижней камеры 4 для взвешенного осадка поступает в рециркулятор осадка 9, затем в сгуститель шлама 8 и периодически удаляется из сгустителя шлама 8 при поступлении сигнала от пьезометров 12 и после открытия задвижки 11 на трубопроводе для отвода шлама 10 во время регенерации. Далее вода, очищенная от взвешенных веществ, по трубопроводу 3 поступает в фильтровальную колонну 13 и фильтруется через загрузку 14, затем отводится по трубопроводу 21 в сток. Подачу воды на промывку загрузки осуществляли по трубопроводу 22. Промывку плавающей фильтрующей загрузки осуществляли при открытии задвижки 11 на сифоне 20.

Корпус установки выполнен из трубы круглого сечения  $d=300$  мм и имеет общую высоту 4300 мм. Высота плавающей фильтрующей загрузки 1200 мм, крупность зерен 1,5...3,0 мм. По высоте фильтрующего слоя в корпус врезаны штуцеры ( $d_{шт}=3$  мм), к которым подключены пьезометры для контроля потерь напора в слоях загрузки. Для наблюдения за состоянием верхнего слоя загрузки и качеством ее промывки в корпусе предусмотрено окно из прозрачного пластика. Загрузка удерживается от всплытия сеткой. Выше загрузки расположен бак объемом  $0,4$  м<sup>3</sup> для сбора осветленной воды. В подфильтровом пространстве находится осветлитель высотой 1200 мм, оборудованный рециркулятором осадка.

Пуско-наладочные работы, на экспериментальной установке, и предварительные фильтроциклы показали, что при диаметре зерен пенополистирола 2...5 мм продолжительность фильтроцикла малая, быстрый проскок загрязнений в фильтр, грязеемкость фильтра

незначительная, установка очень чувствительна к изменению скорости фильтрования. Далее в установке использовали пенополистирольную загрузку с крупностью зерен 1,5...3 мм.

#### 4.2 Технологическое моделирование процесса осветления в слое взвешенного осадка

В подфильтровом пространстве фильтра происходит частичное осветление воды. Крупные частички примесей под действием силы тяжести, обладая гидравлической крупностью большей скорости восходящего потока обрабатываемой воды, выпадают в осадок. Более мелкие частички примесей с потоком очищаемой воды проникают в толщу фильтрующего слоя, тем самым, способствуя интенсивному его заилению. С целью снижения грязевой нагрузки на зернистый слой было предложено в подфильтровом пространстве фильтра устроить рециркулятор осадка (рисунок 4.2).

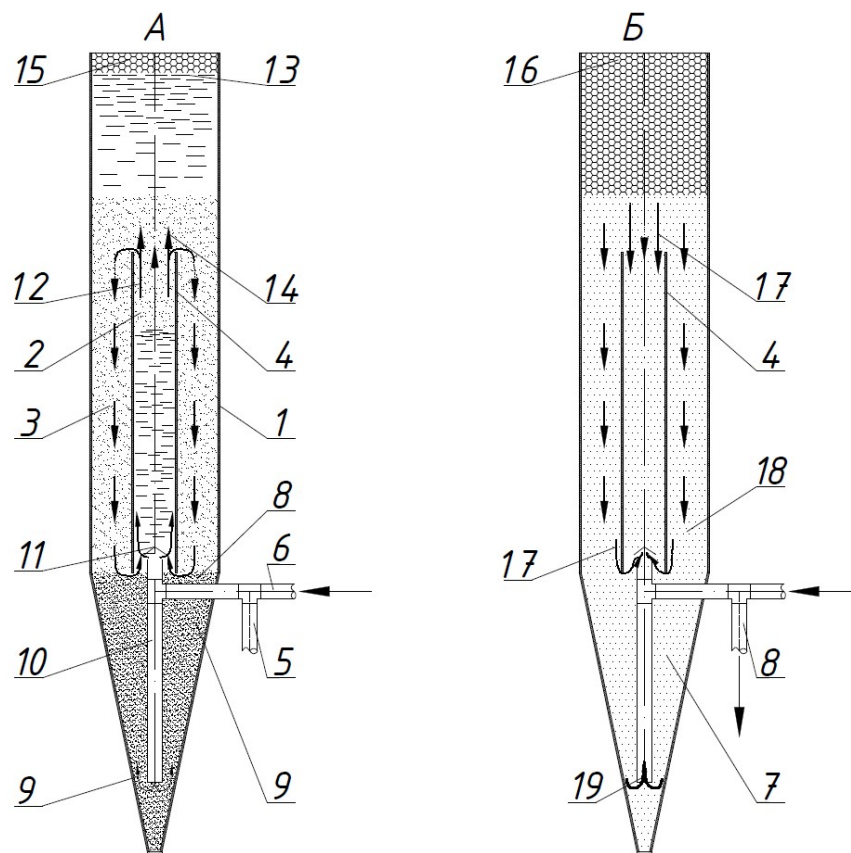


Рисунок 4.2 - Схема рециркулятора в осветлителе со слоем взвешенного осадка в подфильтровом пространстве фильтра с плавающим фильтрующим слоем

1 – корпус фильтра; 2 – слой взвешенного осадка; 3 – нисходящий (циркулирующий) слой взвешенного осадка; 4 – корпус рециркулятора; 5 – трубопровод отвода воды во время регенерации фильтра и рециркулятора; 6 – трубопровод подачи исходной воды; 7 – зона концентрированного осадка рециркулятора; 8, 10 – трубопровод подачи исходной воды на фильтр и ее отвода во время регенерации фильтра и рециркулятора; 11 – распределитель исходной воды; 12 – направление движения циркулирующего осадка; 13 – слой воды



поступающей на фильтр; 14 – направление движения воды из рециркулятора на фильтр; 15 – фильтрующий слой в режиме фильтрования; 16 – фильтрующий слой во время его регенерации; 17, 19 – направление потока промывной воды; 18 – поток промывной воды.

Рециркулятор выполнен в виде трубы высотой 800 мм, диаметром 250 мм. Верхняя кромка рециркулятора удалена от нижней границы фильтрующего слоя на расстояние 200 мм (рисунок 4.1). Скорость движения фильтрационного потока в период исследований изменялась в границах 3,5...7,7 м/ч. При этом скорость движения воды в рециркуляторе составляла 5...11 м/ч. При работе фильтра в режиме фильтрования исходная вода внутри рециркулятора осадка движется снизу вверх. В верхней расширенной части установки над рециркулятором резко снижается скорость ее движения, что способствует образованию взвешенного слоя осадка.

Образованный слой взвешенного осадка впоследствии участвует в задержании примесей, транспортируемых потоком очищаемой воды. Избыток взвешенного слоя по внешней образующей рециркулятора отводится в нижнюю часть установки, где некоторая его часть и остается. Другая часть такого осадка повторно захватывается потоком очищаемой воды и поступает во внутреннюю часть рециркулятора. Частицы осадка, находящиеся во внешнем пространстве рециркулятора, или расположенные у дна установки, характеризуются высокой гидравлической крупностью.

Нахождение в объеме и в верхней части рециркулятора частиц с возросшими значениями гидравлической крупности способствует повышению эффективности осветления воды перед ее поступлением в толщу фильтрующего слоя.

Во время промывки фильтра слой взвешенного осадка совместно с потоком промывной воды отводится за пределы корпуса установки. Однако после окончания ее промывки в воде подфильтрового пространства содержится высокая концентрация примесей, способствующая быстрому формированию нового слоя взвешенного осадка.

Методика проведения исследований. Технологическое моделирование процесса выполнялось на экспериментальной установке, представляющей собой вертикальную колонну диаметром 300 мм и высотой 4100 мм. Колонна оборудована пробоотборниками для отбора взвешенного осадка и осветленной воды. С помощью экспериментальной установки определена эффективность осветления воды от скорости движения восходящего потока воды, обработанной реагентом. Скорость движения воды в установке определялась по ее производительности. Производительность установки измерялась объемным способом. Высота слоя взвешенного осадка регулировалась высотой расположения верхнего края стенки рециркулятора. Избыток осадка отводился во внешнее пространство рециркулятора. Таким образом, процесс очистки воды разделялся на три этапа: 1 – осветление воды в рециркуляторе от взвеси; 2 – очистка воды от взвеси фильтрованием в плавающей пенополистирольной загрузки; 3 – очистка воды от органических веществ в сорбционной колонне.

### 4.3 Методика исследований процесса фильтрации воды

В соответствии с задачами исследований во время проведения фильтроциклов учитывались следующие основные факторы, влияющие на эффективность процесса [92]:

- исходная и конечная концентрация взвешенных веществ в подаваемой на очистку воде [38];
- доза вводимого реагента [92];
- скорость фильтрации потока обрабатываемой воды через плавающую фильтровальную загрузку;
- исходная и конечная концентрация органических соединений веществ в подаваемой на очистку воде.

Качество очистки воды оценивалось по изменению концентрации взвешенных веществ, органических соединений в профильтрованной воде.

При проведении фильтроцикла через каждые 4 часа отбирались пробы исходной и профильтрованной воды. При превышении концентрации взвешенных веществ в профильтрованной воде свыше  $10 \text{ мг/л}$  фильтр выводился на промывку. Одновременно с отбором проб снимались показания пьезометров, контролировалась скорость фильтрации.

Серия реагентного фильтрации на крупномасштабной фильтровальной установке была проведена при температуре исходной воды  $11...13 \text{ }^\circ\text{C}$ ; и водородном показателе  $pH \ 7,8...8,4$ . Для определения начальной дозы коагулянта была проведена серия пробного коагулирования, результаты которого представлены в приложении Б.3, основные сведения по применяемым коагулянтам и методикам приготовления рабочих растворов представлены в приложении Б.1 и Б.2 соответственно. Промывка осуществлялась с интенсивностью  $15 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$  и продолжительностью  $6 \text{ минут}$ .

### 4.4 Методика исследований процесса удаления органических веществ из воды

Вода после прохождения плавающего фильтрующего слоя из вспененного полистирола поступала в сорбционную колонну, загруженную активированным углем марки АГ-3.

Содержание органических веществ на входе и выходе из крупномасштабной фильтровальной установки контролировали по показателю перманганатная окисляемость. Методика определения перманганатной окисляемости заключается в следующем [36]: « $100 \text{ см}^3$  пробы наливают в коническую колбу со стеклянными шариками на дне, добавляют  $5 \text{ см}^3$  разбавленной серной кислоты (1:3) и  $10 \text{ см}^3 \ 0,01 \text{ моль/дм}^3$  раствора перманганата калия. Содержимое колбы нагревают таким образом, чтобы она закипела через  $5 \text{ минут}$  и подвергают кипячению в течении  $10 \text{ минут}$ . Сняв колбу с огня, добавляют в нее  $10 \text{ см}^3 \ 0,01 \text{ моль/дм}^3$  раствора щавелевой кислоты и титруют ее содержимое  $0,01 \text{ моль/дм}^3$  раствора перманганата калия, до появления слабо розовой окраски. Для определения титра перманганата калия в ту же

колбу к горячей жидкости приливают  $0,01$  моль/дм<sup>3</sup> раствора щавелевой кислоты и оттитровывают  $0,01$  моль/дм<sup>3</sup> раствором перманганатом калия до такой же окраски, сохраняющейся в течении одной минуты».

#### 4.5 Экспериментальные данные по осветлению воды в осветители-рециркуляторе КФУ

Результаты экспериментов по снижению мутности в осветители-рециркуляторе КФУ представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Технологические показатели очистки воды от взвешенных веществ в осветители-рециркуляторе установки

| № п./п.   | Продолжительность фильтроцикла, ч | Скорость фильтрования, м/ч | Доза реагента, мг/л | Исходная мутность, мг/дм <sup>3</sup> | Мутность до загрузки, мг/дм <sup>3</sup> |
|---|-----------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------------|--|
| При обработке коагулянтом серноокислый алюминий |                                   |                            |                     |                                       |  |
| 1   | 4                                 | 7                          | 35                  | 130                                   | 49                                       |
| 2   | 22                                | 4,7                        | 20                  | 75                                    | 33                                       |
| 3   | 14                                | 5,1                        | 20                  | 75                                    | 40                                       |
| 4   | 15                                | 5,5                        | 24                  | 90                                    | 27                                       |
| 5   | 13                                | 5,2                        | 25,2                | 97                                    | 51                                       |
| 6   | 14                                | 5,5                        | 30                  | 114                                   | 60                                       |
| 7   | 10                                | 5,5                        | 19,3                | 74                                    | 33                                       |
| При обработке коагулянтом хлорное железо        |                                   |                            |                     |                                       |  |
| 1   | 106                               | 4,6                        | 28,1                | 87                                    | 50                                       |
| 2   | 66                                | 7,7                        | 15,8                | 105                                   | 45                                       |
| 3   | 16                                | 6,8                        | 15,5                | 90                                    | 44                                       |
| 4   | 14                                | 5,4                        | 31                  | 114                                   | 49                                       |
| 5   | 13                                | 6,9                        | 16                  | 108                                   | 50                                       |
| При обработке коагулянтом «Полвак-40»           |                                   |                            |                     |                                       |  |
| 1   | 27                                | 5,5                        | 55,6                | 123                                   | 56                                       |
| 2   | 40                                | 7,6                        | 60,3                | 80                                    | 37                                       |
| 3   | 16                                | 6,1                        | 58                  | 67                                    | 35                                       |
| 4   | 14                                | 6,7                        | 64                  | 96                                    | 52                                       |
| 5   | 15                                | 6                          | 63                  | 121                                   | 69                                       |

Проанализировав данные, представленные в таблице 4.1 можно сделать вывод о том, что в серии опытов при использовании коагулянта «серноокислый алюминий» продолжительность фильтроцикла изменялась в диапазоне  $t=4...22$  часов, скорость  $v_{\phi}=4,7...7$  м/ч, доза реагента  $D=19,3...35$  мг/л; исходная концентрация взвешенных веществ  $C_0=74...130$  мг/л, концентрация взвешенных веществ до загрузки,  $C_p=27...60$  мг/л.

Для коагулянта хлорное желез  $t=13...106$  часов,  $v_f=4,6...7,7$  м/ч,  $D=16...31$  мг/л;  
 $C_0=87...114$  мг/л,  $C_p=44...50$  мг/л.

Для коагулянта «Полвак-40»  $t=14...27$  часов,  $v=5,5...7,6$  м/ч,  $D=55,6...64$  мг/дм<sup>3</sup>;  
 $C_0=67...123$  мг/л,  $C_p=35...69$  мг/л.

#### 4.6 Экспериментальные данные по удалению взвешенных веществ в фильтрующей части КФУ

В задачу исследований входило выявление следующих факторов:

- вид наиболее оптимального коагулянта;
- доза коагулянта, при которой были достижимы эффективные результаты очистки;
- скорость фильтрования;
- продолжительность фильтроцикла;

равномерность распределения задержанных загрязнений по высоте фильтрующего слоя.

В опытах по выбору наиболее эффективных реагентов рассматривали следующие их наименования: «сернистый алюминий», «хлорное железо», «Полвак-40», и «ПолиДАДМАХ», в таблицах 4.2 и 4.3 приведены данные результатов технологического моделирования по основным характеристикам, перечисленным выше.

Таблица 4.2 - Технологические показатели очистки воды от взвешенных веществ в фильтровальной установке

| № п./п.                                      | Продолжительность фильтроцикла, ч | Скорость фильтрования, м/ч | Доза реагента, мг/л | Мутность до загрузки, мг/л | Мутность в фильтрате, мг/л |
|--|-----------------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|----------------------------|
| 1  | 2                                 | 3                          | 4                   | 5                          | 6                          |
| При обработке коагулянтом сернистый алюминий |                                   |                            |                     |                            |                            |
| 1  | 4                                 | 7                          | 35                  | 49                         | 7                          |
| 2  | 22                                | 4,7                        | 20                  | 33                         | 5,1                        |
| 3  | 14                                | 5,1                        | 20                  | 40                         | 3,2                        |
| 4  | 15                                | 5,5                        | 24                  | 27                         | 2,7                        |
| 5  | 13                                | 5,2                        | 25,2                | 51                         | 7,60                       |
| 6  | 14                                | 5,5                        | 30                  | 60                         | 8,30                       |
| При обработке коагулянтом хлорное железо     |                                   |                            |                     |                            |                            |
| 1  | 106                               | 4,6                        | 28,1                | 50                         | 3,3                        |
| 2  | 66                                | 7,7                        | 15,8                | 45                         | 5                          |
| 3  | 16                                | 6,8                        | 15,5                | 44                         | 9,40                       |
| 4  | 14                                | 5,4                        | 31                  | 49                         | 8,70                       |
| 5  | 13                                | 6,9                        | 16                  | 50                         | 8,30                       |
| 6  | 63                                | 7,6                        | 31,4                | 86                         | 5,5                        |

| 1                                     | 2  | 3   | 4    | 5  | 6    |
|---------------------------------------|----|-----|------|----|------|
| При обработке коагулянтом «Полвак-40» |    |     |      |    |      |
| 1                                     | 27 | 5,5 | 55,6 | 56 | 3,4  |
| 2                                     | 40 | 7,6 | 60,3 | 37 | 4,7  |
| 3                                     | 16 | 6,1 | 58   | 35 | 5,30 |
| 4                                     | 14 | 6,7 | 64   | 52 | 7,50 |
| 5                                     | 15 | 6   | 63   | 69 | 4,80 |

Проанализировав данные таблицы 4.2 можно сделать вывод, что конечная концентрация взвешенных веществ на выходе из фильтрующей части установки при применении коагулянта сернокислый алюминий находится в диапазоне  $C=3,2...8,3$  мг/л. хлорное железо -  $C=3,3...9,4$  мг/л, для коагулянта «Полвак-40»  $C=3,4...7,5$  мг/л.

Далее представлены результаты экспериментов на КФУ с применением высокомолекулярного современного французского коагулянта «ПолиДАДМАХ». Данный коагулянт за счет строения формулы своей молекулы имеет высокую молекулярную массу порядка  $10^5...10^6$ , дозы его малы, а установка по приготовлению исключает громоздкие растворные расходные баки. Коагулянт получил широкое распространение в химической промышленности и на водопроводах Российской Федерации. Также имеет хорошие показатели при работе в период пониженных температур [44].

В приложении Б.4 представлены фрагмент данных журнала наблюдений по реагентному фильтрованию на крупномасштабной экспериментальной установке с применением реагента «ПолиДАДМАХ», в которой приведены сведения, снимаемые каждый час работы установки: расход раствора реагента, мг/час, расход очищаемой воды, л/ч; скорость фильтрования, м/ч, мутность исходной и очищенной воды, мг/л; перманганатная окисляемость в исходной и очищенной воде, показания пьезометров до входа в фильтровальную часть установки и после нее, см, показывающие потери напора в загрузке, и сигнализирующие о необходимости выведения КФУ на промывку.

Выборка результатов исследований по применению данного коагулянта в КФУ приведены в таблице 4.3, в которой включены сведения по продолжительности фильтроцикла, ч; скорости фильтрования, м/ч; дозе вводимого реагента «ПолиДАДМАХ», мг/л; исходной мутности и остаточной мутности, мг/л.

Таблица 4.3 - Технологические показатели очистки воды от мутности в фильтровальной установке с применением коагулянта «ПолиДАДМАХ»

| №, п./п. | Продолжительность фильтроцикла, ч | Скорость фильтрования, м/ч | Доза реагента, мг/л | Исходная мутность, мг/л | Остаточная мутность, мг/л |
|----------|-----------------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|
| <i>1</i> | <i>2</i>                          | <i>3</i>                   | <i>4</i>            | <i>5</i>                | <i>6</i>                  |
|          |                                   |                            | 0,0015              | 15                      | 15                        |
|          |                                   |                            | 0,0028              | 14                      | 9,8                       |
|          | 20                                | 12                         | 0,0042              | 14                      | 8,4                       |
| 1        | 11                                | 6,8                        | 0,1                 | 15                      | 1,8                       |
| 2        | 12                                | 6,4                        | 0,1                 | 16                      | 1,4                       |
| 3        | 13                                | 6,4                        | 0,09                | 14                      | 1,5                       |
| 4        | 14                                | 6,8                        | 0,09                | 18                      | 1,5                       |
| 5        | 15                                | 6,6                        | 0,08                | 13                      | 1,4                       |
| 6        | 16                                | 6,7                        | 0,08                | 18                      | 1,4                       |
| 7        | 17                                | 6,7                        | 0,08                | 17                      | 1,3                       |
| 8        | 18                                | 6,5                        | 0,08                | 17                      | 1,2                       |
| 9        | 11                                | 4,6                        | 0,04                | 20                      | 0,7                       |
| 10       | 12                                | 4,2                        | 0,05                | 20                      | 0,9                       |
| 11       | 14                                | 4,3                        | 0,08                | 18                      | 1,2                       |
| 12       | 16                                | 4,3                        | 0,08                | 15                      | 1,1                       |
| 13       | 18                                | 4,2                        | 0,09                | 20                      | 1,1                       |
| 14       | 20                                | 4,1                        | 0,08                | 17                      | 1                         |
| 15       | 22                                | 4,2                        | 0,08                | 18                      | 1                         |
| 16       | 23                                | 4,33                       | 0,07                | 15                      | 0,9                       |
| 17       | 10                                | 6,8                        | 0,01                | 17                      | 1,5                       |
| 18       | 12                                | 6,8                        | 0,09                | 18                      | 1,5                       |
| 19       | 14                                | 6,7                        | 0,09                | 17                      | 1,4                       |
| 20       | 16                                | 6,6                        | 0,1                 | 19                      | 1,2                       |
| 21       | 18                                | 6,8                        | 0,08                | 18                      | 1,4                       |
| 22       | 20                                | 6,8                        | 0,09                | 17                      | 1,2                       |
| 23       | 22                                | 6,9                        | 0,08                | 9                       | 1,2                       |
| 24       | 13                                | 7,5                        | 0,11                | 8,5                     | 3,25                      |
| 25       | 14                                | 7,6                        | 0,13                | 9                       | 2,75                      |
| 26       | 16                                | 7,5                        | 0,11                | 9,2                     | 4,5                       |
| 27       | 19                                | 7,4                        | 0,1                 | 9,5                     | 3                         |
| 28       | 21                                | 7,5                        | 0,11                | 9                       | 2,25                      |

Проанализировав данные таблицы 4.3, можно заключить, что в серии опытов при использовании коагулянта «ПолиДАДМАХ» продолжительность фильтроцикла изменялась в диапазоне  $t=11...23$  часов, скорость  $v_{\phi}=4,1...12$  м/ч, доза реагента  $D=0,0015...0,11$  мг/л;

исходная концентрация взвешенных веществ  $C_0=8,5...20$  мг/л, конечная концентрация взвешенных веществ  $C=0,7...15$  мг/л.

#### 4.7 Экспериментальные данные по удалению органических веществ на КФУ

Результаты по удалению органических загрязнений в первой ступени КФУ (осветлитель-рециркулятор установки и плавающая фильтрующая загрузка) и второй ступени (сорбционная колонна) представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Технологические показатели очистки воды от органических веществ в КФУ с применением коагулянта «ПолиДАДМАХ»

| Номер фильтроцикла   | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Скорость фильтрования в сорбционном фильтре, м/ч                                     | 6,9   | 4,0   | 4,0   | 4,0   | 5,03  | 5,10  | 4,06  |
| Производительность установки, м <sup>3</sup> /ч                                      | 0,08  | 0,045 | 0,045 | 0,045 | 0,06  | 0,057 | 0,046 |
| ПО на входе в КФУ, мгО <sub>2</sub> /л   | 6,4   | 6,5   | 6,5   | 6,7   | 6,55  | 6,43  | 6,57  |
| ПО на входе в сорбционный фильтр, мгО <sub>2</sub> /л                                | 5,5   | 5,6   | 5,6   | 4,4   | 5,2   | 4,6   | 5,2   |
| Остаточная ПО в фильтрате (на выходе из сорбционного фильтра), мгО <sub>2</sub> /л   | 4,35  | 3,63  | 3,58  | 3,58  | 3,2   | 2,90  | 3,10  |
| Доза коагулянта, мг/л  | 0,109 | 0,110 | 0,162 | 0,087 | 0,118 | 0,071 | 0,079 |
| Эффект очистки по ПО в осветлителе-рециркуляторе + плавающая фильтрующая загрузка, % | 14    | 13,8  | 13,8  | 34,3  | 20,6  | 28,5  | 20,9  |
| Общий эффект очистки, %  | 32    | 44,2  | 44,9  | 46,6  | 51,14 | 54,9  | 52,8  |

Проанализировав данные таблицы 4.4 можно сделать вывод о том, что в серии опытов при использовании коагулянта «ПолиДАДМАХ» продолжительность фильтроцикла изменялась в диапазоне  $t=4...22$  часов, скорость фильтрования  $v=4...6,9$  м/ч, доза реагента  $D=0,071...0,162$  мг/л; исходное содержание органических веществ по показателю перманганатная окисляемость  $ПО_0=6,4...6,7$  мгО<sub>2</sub>/л, содержание органических веществ по показателю перманганатная окисляемость после КФУ I ступень  $ПО_I=5,2...5,6$  мгО<sub>2</sub>/л, содержание органических веществ по показателю перманганатная окисляемость после сорбционного фильтра - II ступень  $ПО_{II}=3,1...4,35$  мгО<sub>2</sub>/л, эффект очистки на I ступень –  $\mathcal{E}=13,8...34,3\%$ , суммарный эффект очистки на двух ступенях  $\mathcal{E}=32...54,9\%$ .

Примерно 50% эффекта очистки от органических веществ приходится на рециркулятор-осветлитель и плавающий фильтр (первая ступень).

### Выводы по разделу 4

1. Подготовлена крупномасштабная фильтровальная установка, состоящая из первой ступени, включающей в себя осветлитель – рециркулятор осадка и слой, плавающей пенополистирольной загрузки, и второй ступени, загруженной активированным углем марки АГ-3.

2. На КФУ проведена серия опытов с применением таких коагулянтов как: сернокислый алюминий, хлорное железо, «Полвак-40», «ПолиДАДМАХ». Результаты экспериментов представлены в таблицах 4.1-4.3.

3. Проанализировав данные таблицы 4.1 можно сделать вывод о том, что в серии опытов при использовании коагулянта сернокислый алюминий продолжительность фильтроцикла изменялась в диапазоне  $t=4...22$  часов, скорость  $v=4,7...7$  м/ч, доза реагента  $d=19,3...35$  мг/л; исходная мутность  $C_0=74...130$  мг/дм<sup>3</sup>, мутность до загрузки,  $C_p=27...60$  мг/л; для коагулянта хлорное железо:  $t=13...106$  часов,  $v=4,6...7,7$  м/ч,  $d=16...31$  мг/л;  $C_0=87...114$  мг/л,  $C_p=44...50$  мг/л; для коагулянта «Полвак-40»:  $t=14...27$  часов,  $v=5,5...7,6$  м/ч,  $d=55,6...64$  мг/л;  $C_0=67...123$  мг/л,  $C_p=35...69$  мг/л. Проанализировав данные таблицы 4.2 можно сделать вывод, что конечная мутность на выходе из фильтрующей части установки при применении коагулянта сернокислый алюминий находится в диапазоне  $C=3,2...8,3$  мг/л; хлорное железо -  $C=3,3...9,4$  мг/л, для коагулянта «Полвак-40»  $C=3,4...7,5$  мг/л. Проанализировав данные таблицы 4.3 можно сделать вывод о том, что в серии опытов при использовании коагулянта «ПолиДАДМАХ» продолжительность фильтроцикла изменялась в диапазоне  $t=11...23$  часов, скорость  $v=4,1...12$  м/ч, доза реагента  $d=0,0015...0,11$  мг/дм<sup>3</sup>; исходная мутность  $C_0=8,5...20$  мг/л, конечная мутность  $C=0,7...15$  мг/л.

4. На КФУ проведены исследования по удалению органических загрязнений, определяемых по показателю перманганатная окисляемость с применением коагулянта «ПолиДАДМАХ». Результаты экспериментов представлены в таблице 4.4.

5. Из данных, приведенных таблице 4.4. следует, что при применении коагулянта «ПолиДАДМАХ» продолжительность фильтроцикла в серии опытов изменялась в диапазоне  $t=4...22$  часов, скорость фильтрования -  $v=4...6,9$  м/ч, доза коагулянта -  $d=0,071...0,162$  мг/л; исходная содержание органических веществ по показателю перманганатная окисляемость -  $ПО_0=6,4...6,7$  мгО<sub>2</sub>/л, содержание органических веществ по показателю перманганатная окисляемость после КФУ (I ступень) -  $ПО_I=5,2...5,6$  мгО<sub>2</sub>/л, содержание органических веществ по показателю перманганатная окисляемость после сорбционного фильтра (II ступень) -  $ПО_{II}=3,1...4,35$  мгО<sub>2</sub>/л, эффект очистки на I ступень -  $\mathcal{E}=13,8...34,3\%$ , суммарный эффект очистки на двух ступенях  $\mathcal{E}=32...54,9\%$ .



## РАЗДЕЛ 5

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОЧИСТКИ ВОДЫ НА КРУПНОМАСШТАБНОЙ  
ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ С ПЛАВАЮЩЕЙ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ЗАГРУЗКОЙ  
И СОРБЦИОННЫМ ФИЛЬТРОМ**

**5.1 Формирование критериев осветления воды в осветлителе – рециркуляторе  
установки**

В подфильтровом пространстве фильтра происходит частичное осветление воды. Крупные частички примесей, под действием силы тяжести, обладая гидравлической крупностью большей чем скорость восходящего потока обрабатываемой воды, выпадают в осадок. Более мелкие частички примесей с потоком очищаемой воды проникают в толщу фильтрующего слоя, тем самым, способствуя интенсивному его загрязнению. С целью снижения грязевой нагрузки на зернистый слой в подфильтровом пространстве установки был устроен рециркулятор осадка (рисунок 5.1).

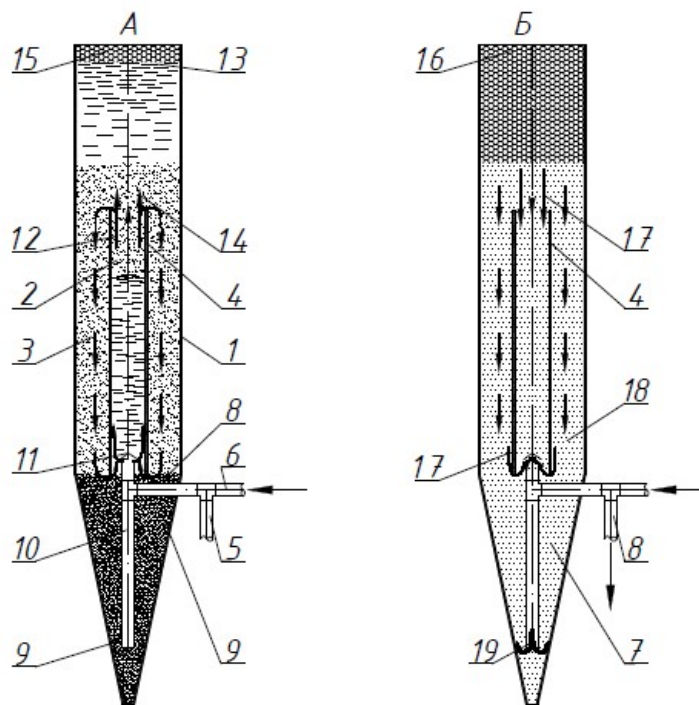


Рисунок 5.1 - Схема рециркулятора в подфильтровом пространстве фильтра с плавающим фильтрующим слоем

1 - корпус фильтра, 2 – слой взвешенного осадка; 3 – нисходящий (циркулирующий) слой взвешенного осадка; 4 – корпус рециркулятора; 5 – трубопровод отвода воды во время регенерации фильтра и рециркулятора; 6 – трубопровод подачи исходной воды; 7 – зона концентрированного осадка рециркулятора, 8, 10 – трубопровод подачи исходной воды на фильтр и ее отвода во время регенерации фильтра и рециркулятора, 11 – распределитель исходной воды, 12 – направление движения циркулирующего осадка; 13 – слой воды,

поступающий на фильтр; 14 – направление движения воды из рециркулятора на фильтр; 15 – фильтрующий слой в режиме фильтрования; 16 – фильтрующий слой во время его регенерации; 17, 19 – направление потока промывной воды; 18 – поток промывной воды.

Процесс осветления воды в слое взвешенного осадка тщательно исследован в монографии Е.Ф. Кургаева [94]. В осветлителе смешанная с реагентом вода осветляется восходящим потоком сквозь слой взвешенного осадка, образованного вводимым реагентом и загрязнениями на периферии осветлителя. Этот слой периодически удаляется, вместе с ним, удаляется значительная часть частиц выпавших в осадок (шлам). В работе [94] показано, что остаточное содержание загрязнений в воде, проходящей осветлитель,  $C_p$  (мг/л) определяется безразмерным критерием сепарации  $K_c$ :

$$C_p = \frac{260}{K_c}. \quad (5.1)$$

Выражение для критерия сепарации имеет вид:

$$K_c = (30 + 0,5\Theta)C_{об}^2 H_c, \quad (5.2)$$

где  $\Theta$  - температура воды, °С;  $C_{об}$  - объемная концентрация загрязнений в слое взвешенного осадка;  $H_c$  - высота осветлителя, см.

Для расчета значения критерия сепарации  $K_c$  (5.2) необходимо знать объемную концентрацию  $C_{об}$ , которая определяется из выражения:

$$\frac{v}{v_c} = \frac{(1 - C_{об})^4}{1 + C_{об}^2} \approx (1 - 3,5C_{об}), \quad (5.3)$$

где  $v$  - расчетная скорость восходящего потока воды,  $v_c$  - скорость свободного осаждения частиц загрязнений. Из соотношения (5.3) видно, что при  $v_c=v$ , ( $v_c-v=0$ ), объемная концентрация  $C_{об}=0$ , следовательно:  $K_c=0$ ,  $C_p \rightarrow \infty$ , т.е. очистка воды не осуществляется. При  $v_c>v$ , значение  $C_{об}>0$ , очистка воды происходит. Изложенное физически очевидно, т.к.  $v_c>v$  частицы загрязнений успевают осесть, т.к. время осаждения будет меньше, чем время пребывания воды в осветлителе. Из математической модели также следует, что остаточное загрязнение  $C_p$  не зависит от концентрации реагента в воде [94]. В работах [6, 13, 71, 74-75, 87-88, 93, 103, 120 - 122, 144] также нет количественного влияния дозы реагента (коагулянта) на работу осветлителя.

Проведенное сравнение рассчитанных с помощью соотношений (5.1)-(5.3) и графической зависимости  $v_c = f(C_0)$  (рисунок 7 [94]) остаточных значений загрязнений с экспериментальными (таблица 5.1), не дало положительных результатов, что по-видимому, обусловлено более сложным характером процесса в осветлителе - рециркуляторе экспериментальной установки: вода поступает вверх в рециркулятор через трубку – 6 (рисунок

5.1 А), затем часть потока воды отклоняется вниз с последующим движением вверх. Поэтому в отличие от классической схемы в шлам отводится не слой взвешенного осадка, а то, что выпадает в сгуститель шлама из взвешенного осадка и при движении потока «сверху - вниз».

Основываясь на том, что, при  $v_u > v$  происходит очистка воды, а при  $v_u - v = 0$  очистка не осуществляется, на основании гидродинамики течения получим критерий для отношения  $\frac{(v_u - v)}{v}$  при течении воды в рециркуляторе.

Рассмотрим силы, действующие на частицу загрязнения, приняв ее в виде сферы (рисунок 5.2).

При равномерном осаждении силы уравновешиваются:

$$A + F = G, \quad (5.4)$$

где  $A = \rho g \pi d^3 / 6$ ;  $F = 3\pi\mu(v_u - v)d$ ;  $G = \rho_u g \pi d^3 / 6$ ;

( $\rho$ ,  $\rho_u$  - плотность воды и частицы,  $кг/м^3$ ;  $\mu$  - коэффициент динамической вязкости воды  $Н·с/м^2$ ).

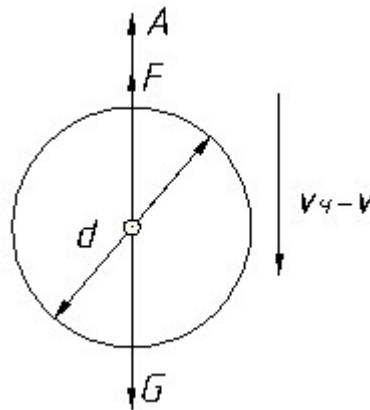


Рисунок 5.2 - Силы, действующие на частицу загрязнений при ее осаждении в потоке восходящей жидкости:  $A$  – сила Архимеда;  $F$  – сила Стокса;  $G$  – сила тяжести

Из выражения (5.4) получим:

$$v_u - v = \frac{gd_s^2 \left( \frac{\rho_u}{\rho} - 1 \right)}{18\mu}, \quad (5.5)$$

Найдем выражение для эквивалентного диаметра  $d_s$ . Исходную концентрацию загрязняющих частиц запишем следующим образом:

$$C_0 = \frac{\sum n_i m_i}{W}, \quad (5.6)$$

где  $n_i$  - количество частиц массой  $m_i$ ;  $W$  - объем осветителя-рециркулятора.

Из соотношения (5.6) получим:

$$\sum n_i m_i = \rho_q \frac{\pi d_3^3}{6} N = C_0 W, \quad (5.7)$$

где  $N$  - количество эквивалентных частиц с диаметром  $d_3$ .

Формула (5.7) позволяет найти следующую связь:

$$d_3 = \left( \frac{6C_0 W}{\pi N \rho_q} \right)^{1/3}. \quad (5.8)$$

С использованием зависимостей (5.5) и (5.8) получим:

$$v_q - v = \frac{g \left( \frac{\rho_q}{\rho} - 1 \right)}{18\nu} \left( \frac{6}{\pi N} \right)^{2/3} \left( \frac{C_0}{\rho_q} \right)^{2/3} W^{2/3}. \quad (5.9)$$

В уравнении (5.9) примем  $\left( \frac{C_0}{\rho_q} \right) = \left( \frac{C_0}{\rho} \right)$ , тогда запишем:

$$\frac{v_q - v}{v} = \frac{v_q}{v} - 1 \sim \frac{g(C_0 / \rho)^{2/3} W^{2/3}}{\nu v} \sim K_v. \quad (5.10)$$

Правая часть выражения (5.10) является безразмерной величиной ( $v, м/с$ ), которую будем рассматривать в качестве основной части скоростного критерия в осветлителе - рециркуляторе установки:

$$K_v = \frac{g(C_0 / \rho)^{2/3} W^{2/3} 10^{-7}}{\nu v}, \quad (5.11)$$

где размерность  $g - \frac{м}{с^2}$ ;  $\nu - \frac{м^2}{с}$ ;  $W - м^3$ ;  $v - \frac{м}{с}$ ;  $C_0 - \frac{мг}{л}$ ;  $\rho - \frac{кг}{л}$ .

Тогда с увеличением  $K_v$ , должно происходить увеличение  $C_p$ . Чем меньше  $K_v$ , тем меньше  $C_0$  и лучше очистка,  $C_p$  меньше. По данным, приведенным в таблице 5.1, построим график зависимости  $C_p$  от  $C_0$ .

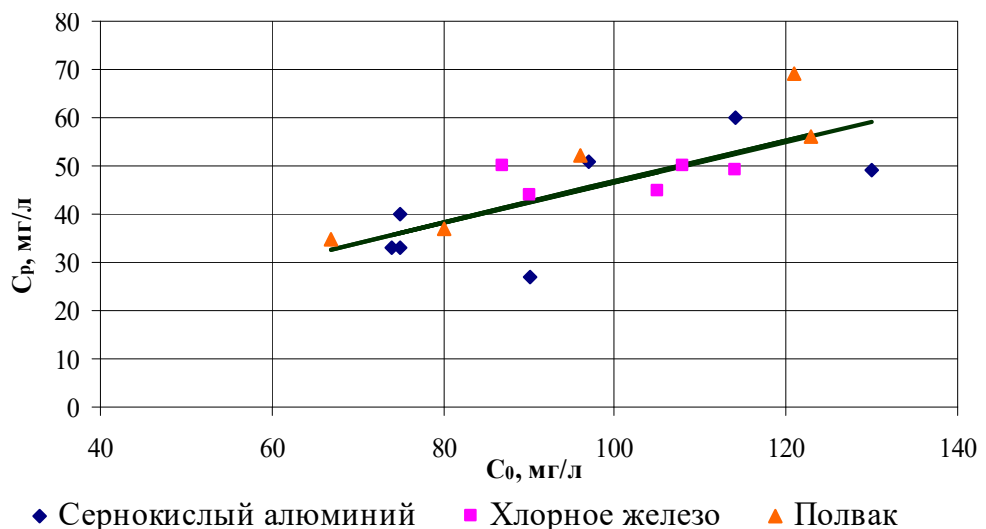


Рисунок 5.3 - График зависимости  $C_p$  от  $C_0$

На рисунке 5.3 экспериментальные точки обобщены выражением с индексом корреляции 0,748 (корреляционная связь сильная [18]).

$$C_p = 0,7354 \cdot C_0^{0,9017}. \quad (5.12)$$

Для определения скорости свободного осаждения в работе (рисунок 7 [94]) приведен график зависимости скорости  $v_q$  от концентрации механических примесей в воде. Эта зависимость с погрешностью не более 12% аппроксимируется выражением:

$$v_q = 0,219 \cdot C_0^{0,061}, \quad (5.13)$$

где  $v - \frac{см}{с}$ ;  $C_0 - \frac{мг}{л}$ .

Поэтому можно записать, например, для восходящего потока:

$$K_v \sim \left( \frac{v_q}{v} - 1 \right) = \frac{0,219 C_0^{0,061}}{v} - 1. \quad (5.14)$$

Отсюда следует, что увеличение  $K_v$  с увеличением  $C_0$  подтверждается ростом отношения скоростей с повышением  $C_0$ .

Скоростной критерий  $K_v$  возрастает с увеличением температуры воды, т.к. уменьшается ее вязкость. Такое влияние вязкости обусловлено ее влиянием на разность скоростей (5.5), с которой связан критерий  $K_v$ , также как критерий сепарации Е.Ф. Кургаева  $K_c$  не связан с дозой коагулянта. Это объясняется тем, что принцип работы осветлителя обусловлен соотношением скорости потока воды и скоростью частиц, и не связан с коагулянт. Вместе с тем в осветлителе находится коагулянт, который необходим для очистки воды в плавающем фильтрующем слое, поэтому он играет определенную роль, в частности в разбросе точек зависимости  $C_p$  от  $K_v$ . Роль коагулянта представляется Е.Ф. Кургаеву следующим образом: говоря о критерии сепарации, он отмечает, что критерий справедлив «при нормальных условиях работы осветлителя: при правильном бесперебойном дозировании коагулянта, при отсутствии разбивания хлопьев коагулированной взвеси и частых, резких колебаний производительности осветлителя и температуры воды» [94].

В осветлителе - рециркуляторе экспериментальной установки, с целью увеличения времени пребывания воды в нем поток, вышедший из трубы - б, направляется вверх, а затем он резко отклоняется вниз с последующим движением вверх. Такое движение потока способствует выпадению частиц в осадок. Чем больше скорость частиц  $v_q$ , тем больше их выпадет при движении потока «вниз», тем ниже будет величина  $C_p$ . Скорость движения частиц «вниз» складывается со скоростью нисходящего потока ( $v_q+v$ ). Характер сил, действующих на частицу, будет при этом такой же, как на рисунке 5.2, но уже при скорости  $v_q+v$ . Тогда, проведя выводы, аналогичные предыдущему выводу для скорости  $v_q-v$ , получим:

$$\frac{v_u + v}{v} = \frac{v_u}{v} + 1 \sim \frac{g \left( \frac{C_0}{\rho} \right)^{2/3} W^{2/3}}{uv} \sim K_v. \quad (5.15)$$

Откуда следует, что для указанного соотношения скоростей при нисходящем потоке получим тот же скоростной комплекс  $K_v$ , как и в случае восходящего потока [11].

## 5.2 Критерии фильтрования воды

В установке исходная вода после добавления коагулянта фильтруется снизу вверх через слой плавающей фильтрующей загрузки с расчетной скоростью, при этом взвешенные вещества задерживаются в порах загрузки. Очищенная вода скапливается в надфильтровом объеме и отводится (используется при промывке).

В качестве реагента применен современный коагулянт марки ПолиДАДМАХ (FLOBEADS DB 45 SSH фирмы SNF FLOERGER), сернокислый алюминий, хлорное железо, «Полвак-40». При эксперименте изменялась продолжительность фильтрования  $t$ , доза коагулянта  $d$ , скорость фильтрования  $v$ , концентрация взвешенных веществ в исходной воде  $C_p$  и фиксировались концентрации взвешенных веществ в очищенной воде  $C_0$ . На основании теории размерностей [70] получим безразмерные комплексы для процесса реагентного фильтрования, которые при геометрическом подобии фильтров становятся критериями подобия процесса фильтрования. Для этого выделим характерные параметры и их размерности:

$C_p, \text{кг/м}^3$  – начальная концентрация взвеси в воде на входе в фильтр (выход из осветлителя-рециркулятора);

$C, \text{кг/м}^3$  – конечная концентрация взвеси на выходе из фильтра;

$v, \text{м/ч}$  – скорость движения воды в фильтре;

$t, \text{ч}$  – продолжительность фильтрования;

$l_\phi, \text{м}$  – высота слоя загрузки фильтра;

$d, \text{кг/м}^3$  – доза реагента.

Тогда из шести параметров получим три безразмерных комплекса:

$$\frac{C}{C_p}; \frac{d}{C_p}; \frac{l_\phi}{v \cdot t}. \quad (5.16)$$

Комплекс  $\frac{d}{C_p}$  представляет собой дозу реагента, приходящуюся на единицу начальной концентрации взвеси. Этот комплекс широко используется в практике фильтрования, обозначим его следующим образом:

$$R = \frac{d}{C_p}. \quad (5.17)$$

В литературе комплекс  $\frac{l_\phi}{vt}$  не нашел физической трактовки. В книге Ю.М. Шехтмана этот комплекс назван  $U$  – критерием подобия процесса фильтрования [148]; М.Г. Журба продолжительность фильтрования  $t$  заменил продолжительностью фильтроцикла  $t_\phi$  и получил комплекс  $\frac{l_\phi}{vt_\phi}$ , названный критерием подобия работы зернистых фильтров [53].

Рассмотрим физический смысл комплекса  $\frac{l_\phi}{vt}$ . Умножим и разделим комплекс на площадь поперечного сечения фильтра,  $\frac{\pi D^2}{4}$  ( $D$  – диаметр фильтра) и получим:

$$\frac{l_\phi}{vt} = \frac{\frac{l_\phi \cdot \pi D^2}{4}}{v \cdot t \cdot \frac{\pi D^2}{4}} = \frac{W_\phi}{Q_t}, \quad (5.18)$$

где  $W_\phi$  – объем фильтра,  $m^3$ ;  $Q_t$  – суммарный расход воды за время фильтрования. Таким образом комплекс  $\frac{l_\phi}{vt}$  представляет собой объем фильтра, приходящийся на единицу расхода воды за время фильтрования:

$$\frac{l_\phi}{vt} = \Phi. \quad (5.19)$$

Тогда функциональную связь можно записать в виде:

$$\frac{C}{C_p} = f\left(\frac{d}{C_p}, \frac{l_\phi}{vt}\right); \quad (5.20)$$

### 5.3 Формирование критериев удаления органических веществ

Так как начальное и конечное содержание органических веществ по показателю «перманганатная окисляемость» единицы измерения -  $mgO_2/l$ , то воспользовавшись методикой анализа размерностей, как и в разделе 5.2 примем для критерия удаления органических веществ те же критерии, что и для удаления взвешенных веществ. Рассмотрим влияние критериев  $\frac{d}{C_0}$

на критерий  $\frac{C}{C_0}$ , а также влияние критерия  $\frac{l_\phi}{vt}$ . В экспериментах был использован коагулянт «ПолиДАДМАХ», которому соответствует наибольшая эффективность очистки природной воды от мутности. Очистка от органики происходит в осветлителе - рециркуляторе «плюс» плавающий фильтр, а затем в сорбционном фильтре. Критериальные параметры работы установки по удалению органических веществ представлены в таблице 6.4.

### Выводы по разделу 5

1. На основании разработанной физико-математической модели течения в осветлителе - рециркуляторе установки с плавающим фильтрующим слоем получен безразмерный скоростной критерий  $K_v$ , включающий соотношение начальной концентрации загрязнений (мутность) и плотность воды, объем рециркулятора, кинематическую вязкость воды и скорость потока воды. Скоростной критерий  $K_v$  также как критерий сепарации  $K_c$  Е.Ф. Кургаева определяет остаточную концентрацию загрязнений на выходе из рециркулятора  $C_p$  и не влияет на отношение концентраций  $\frac{C_p}{C_0}$ .

2. С применением теории размерностей сформулированы критерии подобия для очистки природных вод от взвеси в установке в виде:  $\frac{C}{C_0}$ ;  $\frac{d}{C_0}$ ;  $\frac{l_\phi}{vt}$  и для реагентного фильтрования природных вод в виде:  $\frac{C_p}{C_0}$ ;  $\frac{d}{C_p}$  и  $\frac{l_\phi}{vt}$ . Выявлен физический смысл критерия  $\frac{l_\phi}{vt}$ : как объема фильтра, приходящегося на единицу расхода воды за время фильтрования и критерия  $\frac{l}{vt}$  как объема системы фильтрования установки, приходящийся также на единицу расхода воды за время фильтрования.



## РАЗДЕЛ 6

**ОБОБЩЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ ПО ВЫБРАННЫМ  
КРИТЕРИАЛЬНЫМ КОМПЛЕКСАМ**

**6.1 Обобщение экспериментальных данных по критериям осветления воды в осветлителе  
– рециркуляторе установки**

Экспериментальные данные, по ранее определенным критериальным комплексам, приведены в таблице 6.1 при применении коагулянтов: сернокислый алюминий, хлорное железо, «Полвак-40».

Таблица 6.1 - Экспериментальные параметры работы рециркулятора установки

| № п.п.   | $C_0, \text{мг/л}$ | $d, \text{мг/л}$ | $\frac{d}{C_0}$ | $v, \text{м/ч}$ | $v, \text{м/с}$ | $K_v$ | $C_p, \text{мг/л}$ | $\frac{C_p}{C_0}$ |
|--|--------------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|--------------------|-------------------|
| При обработке коагулянтом сернокислый алюминий |                    |                  |                 |                 |                 |       |                    |                   |
| 1  | 130                | 35               | 0,268           | 7               | 0,0019          | 0,224 | 49                 | 0,37              |
| 2  | 75                 | 20               | 0,267           | 4,7             | 0,0013          | 0,232 | 33                 | 0,44              |
| 3  | 75                 | 20               | 0,267           | 5,1             | 0,0014          | 0,213 | 40                 | 0,533             |
| 4  | 90                 | 24               | 0,267           | 5,5             | 0,0015          | 0,223 | 27                 | 0,256             |
| 5  | 97                 | 25,2             | 0,258           | 5,2             | 0,0014          | 0,248 | 51                 | 0,525             |
| 6  | 114                | 30               | 0,263           | 5,5             | 0,0015          | 0,262 | 60                 | 0,526             |
| 7  | 74                 | 19,3             | 0,261           | 5,5             | 0,0015          | 0,196 | 33                 | 0,446             |
| При обработке коагулянтом хлорное железо       |                    |                  |                 |                 |                 |       |                    |                   |
| 1  | 87                 | 28,1             | 0,322           | 4,6             | 0,0013          | 0,261 | 50                 | 0,575             |
| 2  | 105                | 15,8             | 0,151           | 7,7             | 0,0021          | 0,177 | 45                 | 0,429             |
| 3  | 90                 | 15,5             | 0,172           | 6,8             | 0,0019          | 0,181 | 44                 | 0,489             |
| 4  | 114                | 16               | 0,272           | 5,4             | 0,0015          | 0,266 | 49                 | 0,429             |
| 5  | 108                | 31               | 0,148           | 6,9             | 0,0019          | 0,201 | 50                 | 0,463             |
| При обработке коагулянтом «Полвак-40»          |                    |                  |                 |                 |                 |       |                    |                   |
| 1  | 123                | 55,6             | 0,452           | 5,5             | 0,0015          | 0,275 | 56                 | 0,455             |
| 2  | 80                 | 60,3             | 0,754           | 7,6             | 0,0021          | 0,150 | 37                 | 0,463             |
| 3  | 67                 | 58               | 0,866           | 6,1             | 0,0017          | 0,166 | 35                 | 0,522             |
| 4  | 96                 | 64               | 0,667           | 6,7             | 0,0019          | 0,192 | 52                 | 0,542             |
| 5  | 121                | 63               | 0,52            | 6               | 0,0017          | 0,250 | 69                 | 0,57              |

Из таблицы 6.1 следует, что при экспериментах скоростной критерий  $K_v$  изменяется в 1,66 раз, скорость потока в 1,67 раз, начальная концентрация загрязнений  $C_p$  - в 2,1 раза.

Результаты обобщения по критериальным комплексам при использовании коагулянта сернокислый алюминий приведены на рисунке 6.1.

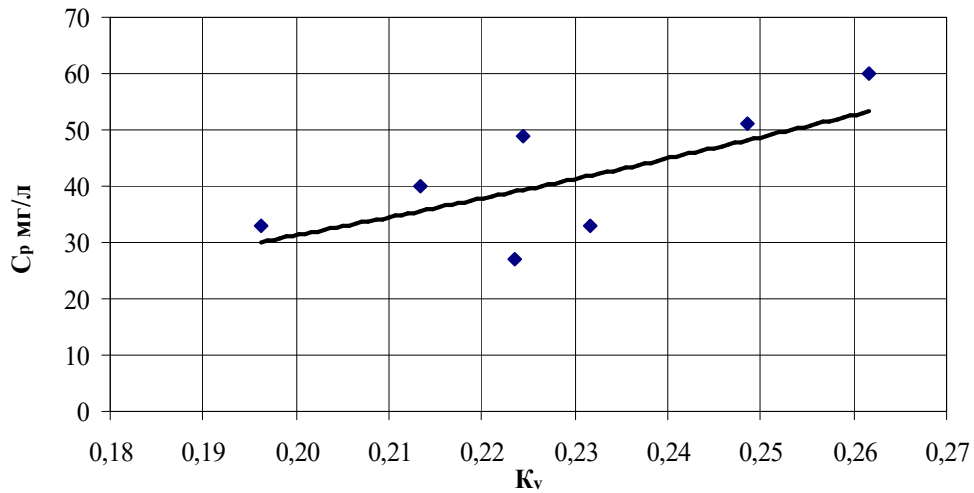


Рисунок 6.1 - График зависимости  $C_p$  от критерия  $K_v$  при использовании коагулянта сернокислый алюминий

На рисунке 6.1 экспериментальные точки обобщаются для сернокислого алюминия следующим соотношением при индексе корреляции  $0,657$  (корреляционная связь средняя [18]):

$$C_p = 758,53K_v^{1,98}; \quad (6.1)$$

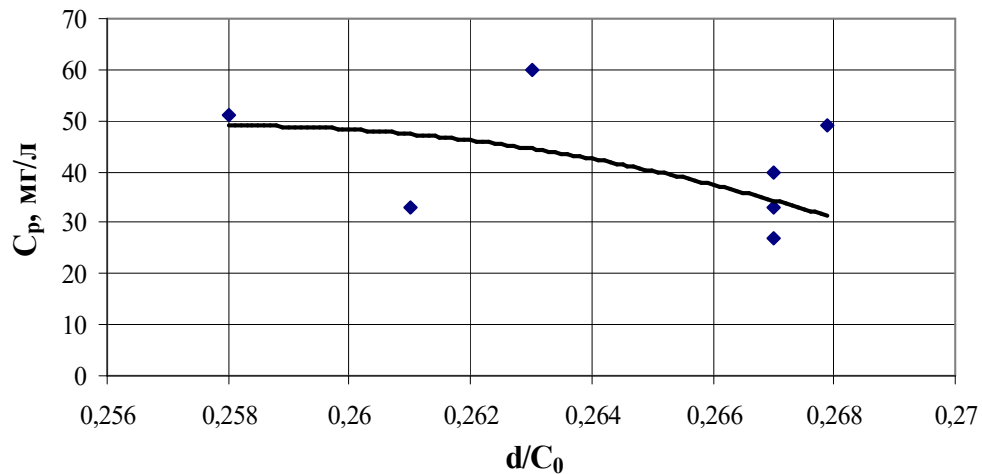


Рисунок 6.2 - График зависимости  $C_p$  от критерия  $d/C_0$  при использовании коагулянта сернокислый алюминий

На рисунке 6.2 экспериментальные точки обобщаются для «сернокислого алюминия» следующим соотношением при индексе корреляции  $0,351$  (корреляционная связь средняя [18]):

$$C_p = 49 \cdot \left[ 1 - 3684,807 \cdot \left( \frac{d}{C_0} - 0,258 \right)^2 \right]. \quad (6.2)$$

После обобщения зависимости  $C_p$  от критерия  $K_v$  и критерия  $d/C_0$  при применении коагулянта сернокислого алюминия было получено следующее выражение:

$$C_p = 13,2 + 651,6 \cdot K_v^{1,981} \cdot \left[ 1 - 3684,807 \cdot \left( \frac{d}{C_0} - 0,258 \right)^2 \right]. \quad (6.3)$$

При индексе корреляции  $0,7$  (корреляционная связь сильная [18]) и критерии Стьюдента  $2,25 > t_{cm} = 1,94$  (корреляционная связь существенна [18]):

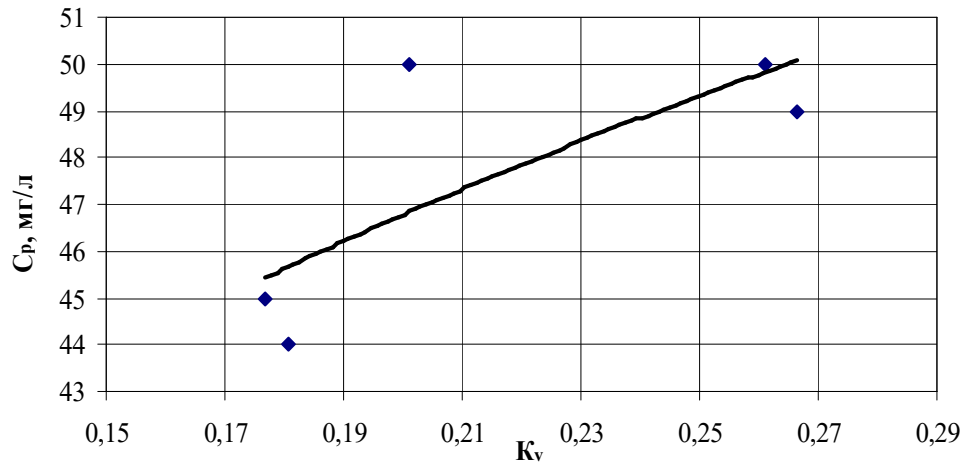


Рисунок 6.3 - График зависимости  $C_p$  от критерия  $K_v$  при использовании коагулянта хлорное железо

На рисунке 6.3 экспериментальные точки обобщены, при применении коагулянта для хлорное железо следующим соотношением при индексе корреляции  $0,764$  (корреляционная связь сильная [18]):

$$C_p = 68,6K_v^{0,24}; \quad (6.4)$$

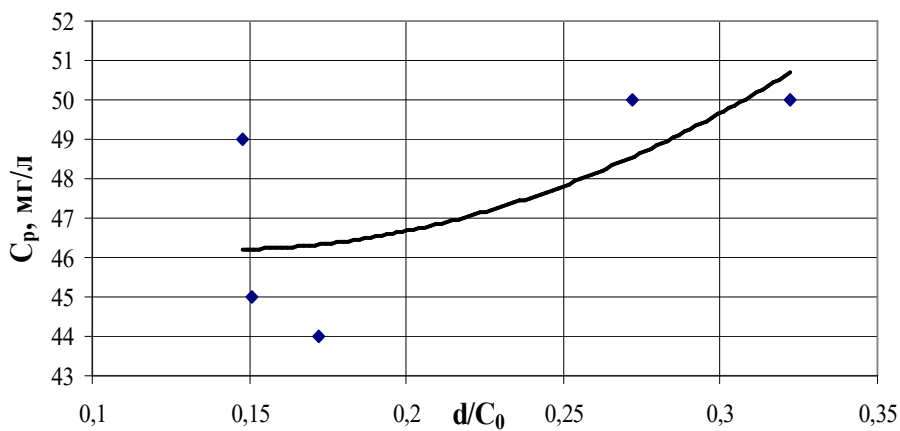


Рисунок 6.4 - График зависимости  $C_p/C$  от критерия  $d/C_0$  при использовании коагулянта хлорное железо

На рисунке 6.4 экспериментальные точки обобщены при использовании коагулянта «хлорное железо» следующим соотношением при индексе корреляции  $0,69$  (корреляционная связь сильная [18]):

$$C_p = 46,2 \cdot \left[ 1 + 3,36 \cdot \left( \frac{d}{C_0} - 0,15 \right)^2 \right], \quad (6.5)$$

После обобщения зависимости  $C_p$  от критерия  $K_v$  и критерия  $d/C_0$  при применении коагулянта хлорное железо было получено следующее выражение:

$$C_p = 57,851 \cdot K_v^{0,138} \cdot \left[ 1 + 3,36 \cdot \left( \frac{d}{C_0} - 0,15 \right)^2 \right]^{0,576} . \quad (6.6)$$

При индексе корреляции  $0,815$  (корреляционная связь сильная [18]) и критерии Стьюдента  $2,46 > t_{cm} = 2,13$  (корреляционная связь существенна [18]):

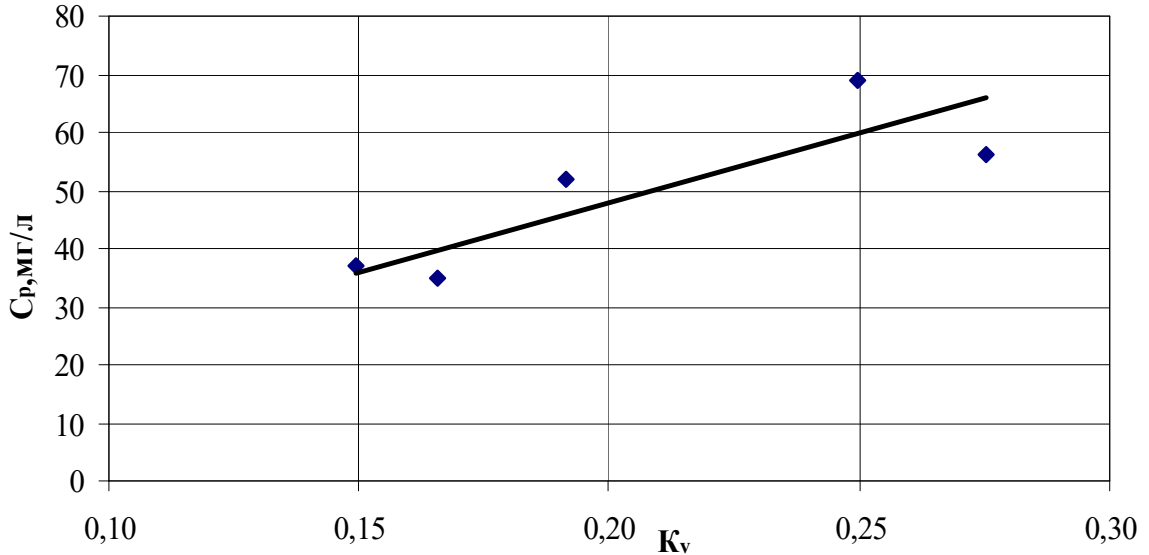


Рисунок 6.5 - График зависимости  $C_p$  от критерия  $K_v$  при применении коагулянта «Полвак-40»

Экспериментальные точки на рисунке 6.5 обобщены для коагулянта «Полвак-40» следующим соотношением при индексе корреляции  $0,873$  (корреляционная связь сильная [18]):

$$C_p = 226,2 K_v^{0,96} ; \quad (6.7)$$

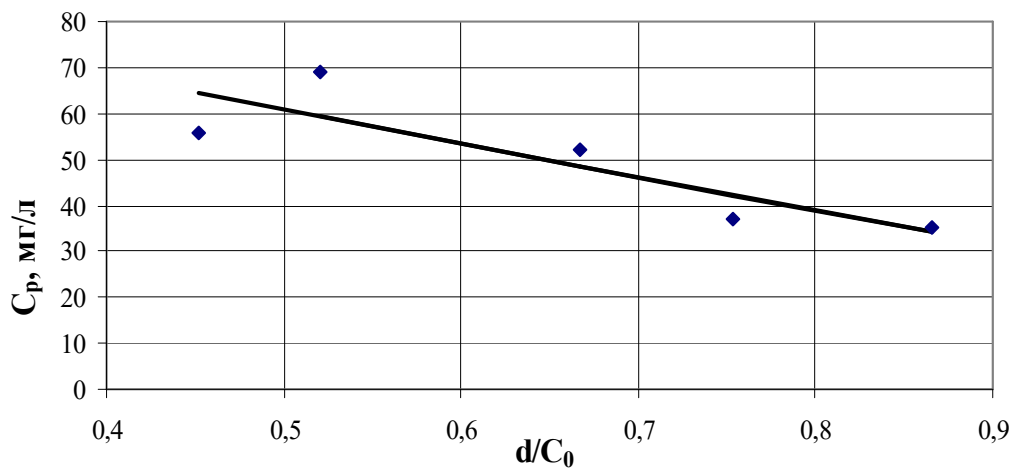


Рисунок 6.6 - График зависимости  $C_p$  от критерия  $d/C_0$  при применении коагулянта «Полвак-40»

Экспериментальные точки на рисунке 6.6 обобщены для коагулянта «Полвак-40» следующим соотношением при индексе корреляции  $0,864$  (корреляционная связь сильная [18]):

$$C_p = 97,2 \cdot \left(1 - 0,75 \frac{d}{C_0}\right); \quad (6.8)$$

После обобщения зависимости  $C_p$  от критерия  $K_v$  и критерия  $d/C_0$  было получено следующее выражение:

$$C_p = 157,09 K_v^{0,507} \left(1 - 0,75 \frac{d}{C_0}\right)^{0,528}. \quad (6.9)$$

При индексе корреляции  $0,908$  (корреляционная связь сильная [18]) и критерии Стьюдента  $3,75 > t_{cm} = 2,13$  (корреляционная связь существенна [18]).

Из соотношения (6.1), (6.4), (6.7) следует, что, как и в случае критерия сепарации  $K_c$  [94], критерий  $K_v$  определяет остаточную концентрацию загрязнений, а не степень очистки  $C_p/C$ , что подтверждается экспериментально (рисунок 6.7) [9, 10, 82].

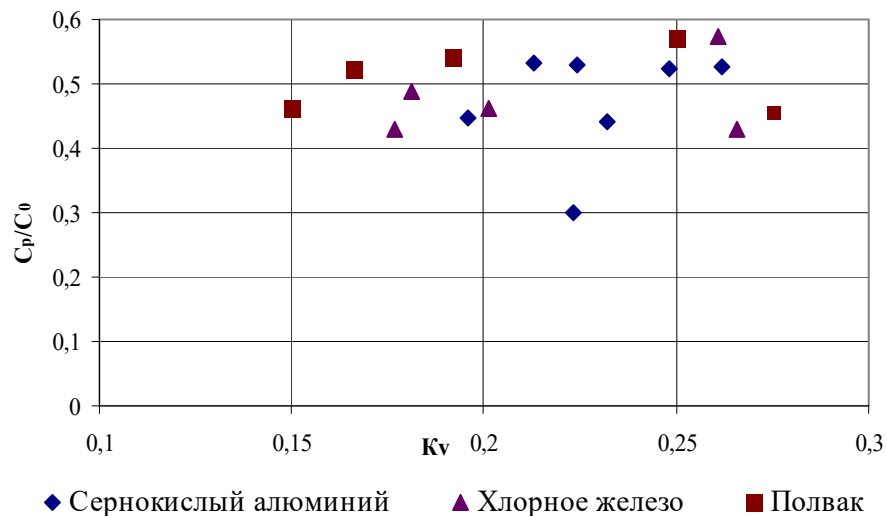


Рисунок 6.7 - Данные по отношению зависимости  $C_p/C$  и по  $K_v$  при применении коагулянтов: сернокислый алюминий, хлорное железо, «Полвак-40».

## 6.2 Обобщение экспериментальных данных по критериям фильтрования

В таблице 6.2 представлены экспериментальные значения обобщенных критериальных соотношений работы фильтрующей части установки.

Таблица 6.2 - Экспериментальные значения критериальных соотношений работы фильтрующей части установки

| №, п./п.  | $\frac{C}{C_p}$ | $\frac{d}{C_p}$ | $\frac{l_\phi}{vt}$ |
|---|-----------------|-----------------|---------------------|
| 1   | 2               | 3               | 4                   |
| При обработке коагулянтном сернокислый алюминий |                 |                 |                     |
| 1   | 0,143           | 0,714           | 0,043               |
| 2   | 0,155           | 0,606           | 0,012               |
| 3   | 0,08            | 0,5             | 0,017               |

| 1  | 2      | 3     | 4     |
|--|--------|-------|-------|
| 4  | 0,1    | 0,889 | 0,015 |
| 5  | 0,149  | 0,49  | 0,017 |
| 6  | 0,1383 | 0,5   | 0,016 |
| 7  | 0,167  | 0,585 | 0,022 |
| При обработке коагулянтом хлорное железо |        |       |       |
| 1  | 0,066  | 0,562 | 0,002 |
| 2  | 0,064  | 0,365 | 0,002 |
| 3  | 0,111  | 0,351 | 0,002 |
| 4  | 0,214  | 0,352 | 0,011 |
| 5  | 0,177  | 0,633 | 0,016 |
| 6  | 0,166  | 0,32  | 0,013 |
| 1  | 2      | 3     | 4     |
| При обработке коагулянтом «Полвак-40»    |        |       |       |
| 1  | 0,061  | 0,992 | 0,008 |
| 2  | 0,127  | 1,629 | 0,004 |
| 3  | 0,151  | 1,657 | 0,012 |
| 4  | 0,144  | 1,231 | 0,013 |
| 5  | 0,069  | 0,913 | 0,013 |

Из таблицы 6.2 следует, что при экспериментах комплекс  $\frac{d}{C_p}$  изменяется в 1,4...2 раза;

комплекс  $\frac{l_\phi}{vt}$  - в 3...8 раз; отношение  $\frac{C}{C_p}$  - в 1,5...3,3 раза.

Результата обобщений данных при использовании коагулянта серноокислый алюминий таблицы 6.2 приведены на рисунках 6.8 и 6.9.

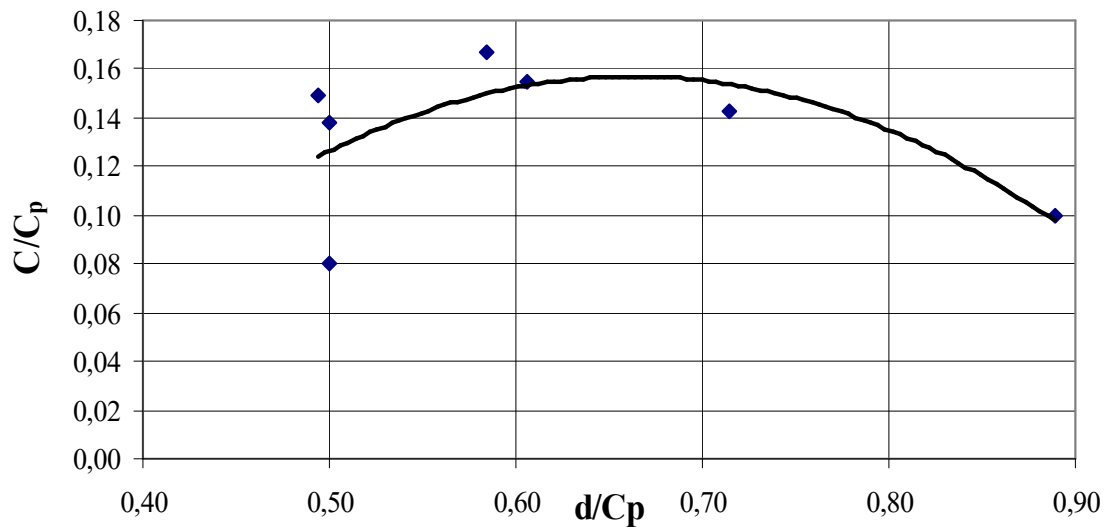


Рисунок 6.8 - Зависимость  $C/C_p$  от критерия  $d/C_p$  при использовании коагулянта серноокислый алюминий

На рисунке 6.8 экспериментальные точки обобщены следующим соотношением при индексе корреляции 0,659 (корреляционная связь средняя [18]).

$$\left(\frac{C}{C_p}\right) = 0,157 - 1,142 \cdot \left(\frac{d}{C_p} - 0,51\right)^2. \quad (6.10)$$

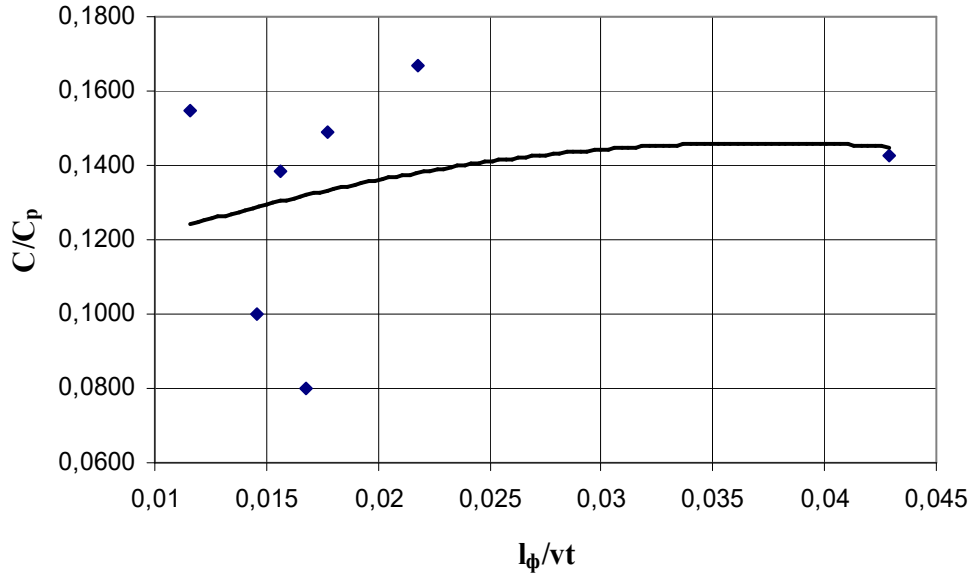


Рисунок 6.9 - Зависимость  $C/C_p$  от критерия  $l_\phi/vt$  при применении для коагулянта серноокислый алюминий

Экспериментальные точки на рисунке 6.9 обобщены для коагулянта серноокислого алюминия следующим соотношением, при индексе корреляции 0,216 (корреляционная связь слабая [18]):

$$\left(\frac{C}{C_p}\right) = 0,146 - 31,14 \cdot \left(\frac{l_\phi}{vt} - 0,031\right)^2. \quad (6.11)$$

Для описания процесса, протекающего в фильтрующей части установки, в зависимости от двух критериев, выполним выравнивание функции с использованием соотношений (6.10) и (6.11):

$$\frac{C}{C_p} = a + b \left(\frac{d}{C_p} - 0,51\right)^2 + c \left[\left(\frac{l_\phi}{vt} - 0,031\right)^2\right]^{0,646}. \quad (6.12)$$

Для отыскания коэффициентов  $a$ ,  $b$ ,  $c$  воспользуемся методом наименьших квадратов [18].

Тогда получим следующее выражение при индексе корреляции 0,789 (корреляционная связь сильная [18]):

$$\frac{C}{C_p} = 0,1717 - 0,4 \cdot \left(\frac{d}{C_p} - 0,51\right)^2 - 3,1 \cdot \left(\frac{l_\phi}{vt} - 0,031\right)^{1,29}. \quad (6.13)$$

Аналогично получим зависимость степени очистки в фильтрующей части установки при применении реагента хлорное железо.

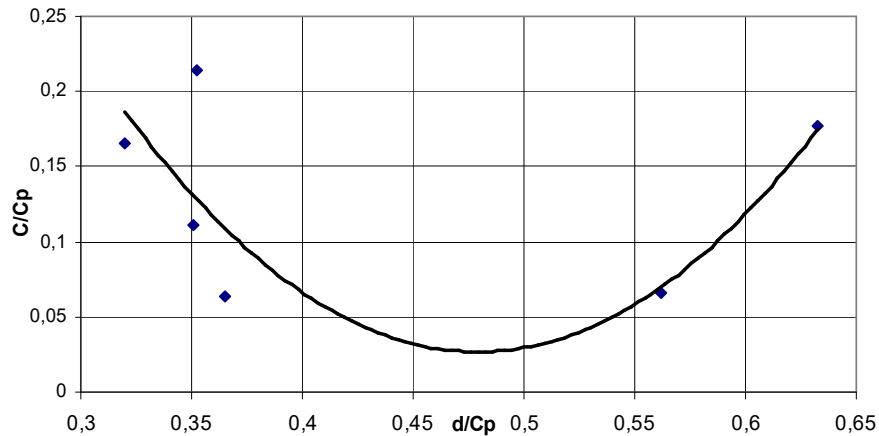


Рисунок 6.10 - Зависимость  $C/C_p$  от критерия  $d/C_p$  при применении коагулянта хлорное железо

На рисунке 6.10 экспериментальные точки обобщены соотношением при индексе корреляции 0,691 (корреляционная связь сильная [18]).

$$\left(\frac{C}{C_p}\right) = 0,025 + 86,24 \left(\frac{d}{C_p} - 0,49\right)^2. \quad (6.14)$$

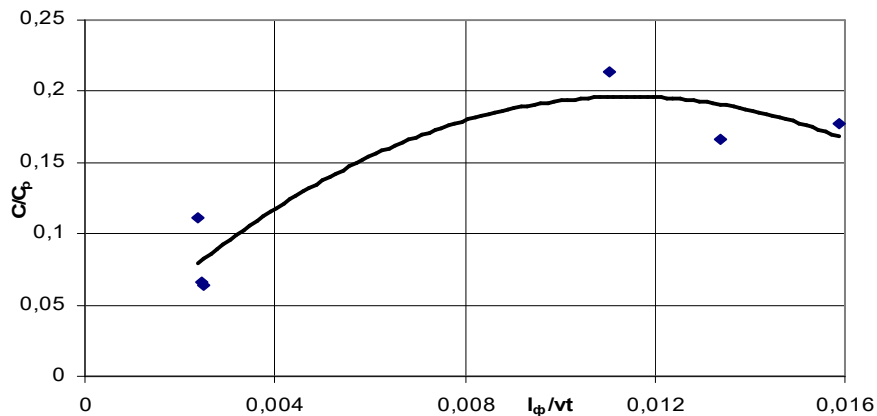


Рисунок 6.11 - Зависимость  $C/C_p$  от критерия  $l_\phi/vt$  при использовании коагулянта хлорное железо

Экспериментальные точки на рисунке 6.11 обобщены при использовании коагулянта хлорное железо следующим соотношением, при индексе корреляции 0,929 (корреляционная связь сильная [18]):

$$\left(\frac{C}{C_p}\right) = 0,196 - 1389 \left(\frac{l_\phi}{vt} - 0,0114\right)^2. \quad (6.15)$$

Для описания процесса, протекающего в фильтрующей части установки, в зависимости от двух критериев, выполним выравнивание функции с использованием соотношений (6.14) и (6.15):



$$\frac{C}{C_p} = 0,127 + 3,52 \cdot \left( \frac{d}{C_p} - 0,49 \right)^2 - 1763,92 \left( \frac{l_\phi}{vt} - 0,0114 \right)^2. \quad (6.16)$$

Выражению (6.16) соответствует индекс корреляции  $0,789$  (корреляционная связь сильная [18]).

По аналогии получим зависимость степени очистки в фильтрующей части установки при применении реагента «Полвак-40».

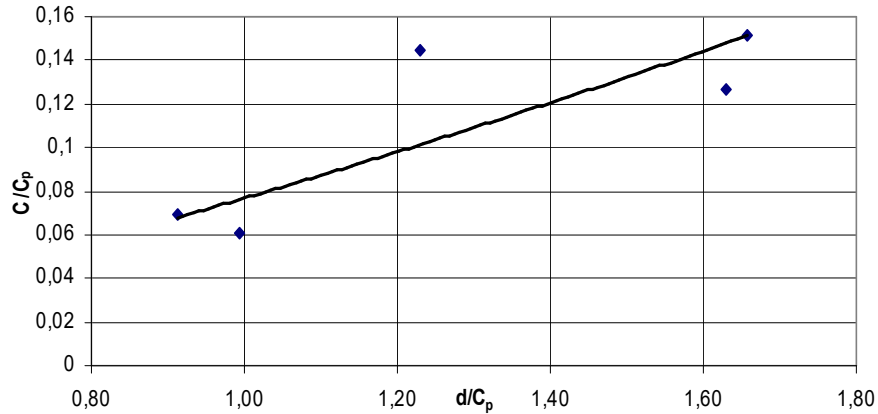


Рисунок 6.12 - Зависимость  $C/C_p$  от критерия  $d/C_p$  при применении коагулянта «Полвак-40»

Экспериментальные точки на рисунок 6.12 обобщены при применении коагулянта «Полвак-40» следующим соотношением, при индексе корреляции  $0,855$  (корреляционная связь сильная [18]):

$$\left( \frac{C}{C_p} \right) = 0,0768 \cdot \left( \frac{d}{C_p} \right)^{1,4}. \quad (6.17)$$

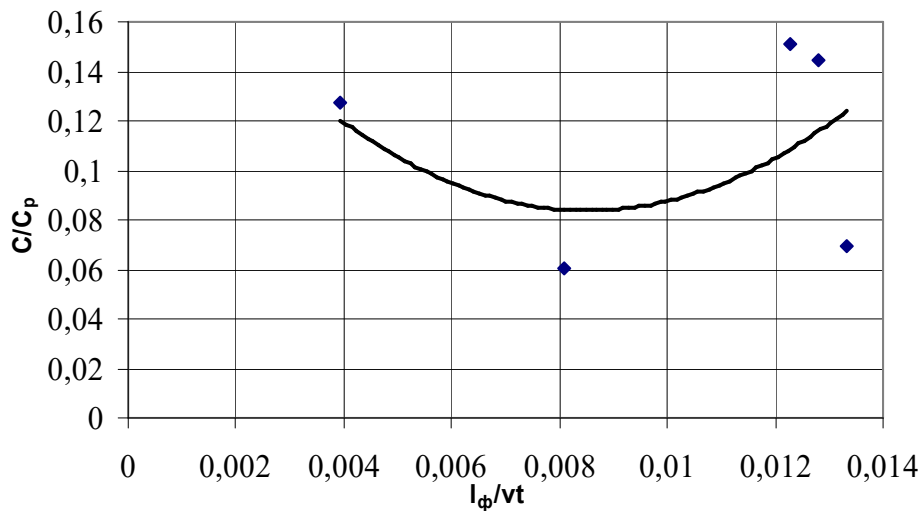


Рисунок 6.13 - Зависимость  $C/C_p$  от критерия  $l_\phi/vt$  при применении коагулянта «Полвак-40»

Экспериментальные точки на рисунок 6.13 обобщены для коагулянта «Полвак-40» следующим соотношением, при индексе корреляции 0,37 (корреляционная связь средняя [18]):

$$\left(\frac{C}{C_p}\right) = 0,085 + 1749,1 \left(\frac{l_\phi}{vt} - 0,00852\right)^2. \quad (6.18)$$

Для описания процесса, протекающего в фильтрующей части установки, в зависимости от двух критериев, выполним выравнивание функции с использованием соотношений (6.17) и (6.18):

$$\frac{C}{C_p} = 0,0088 + 0,061 \cdot \left(\frac{d}{C_p}\right)^{1,4} + 923,11 \cdot \left(\frac{l_\phi}{vt} - 0,00852\right)^2. \quad (6.19)$$

Выражению (6.19) соответствует индекс корреляции 0,837 (корреляционная связь сильная [18]).

### 6.3 Результаты критериальной обработки экспериментальных данных с применением коагулянта «ПолиДАДМАХ»

Результаты критериальной обработки многофакторного эксперимента для фильтрования с применением коагулянта «ПолиДАДМАХ» приведены в таблице 6.3. В этой таблице  $C_0$  - концентрация взвеси на входе в установку. Критерии  $\frac{C}{C_0}$ ;  $\frac{d}{C_0}$ ;  $\frac{l_\phi}{vt}$  получены аналогично выводу для реагентного фильтрования [80].

Таблица 6.3 - Критериальные параметры работы установки с применением коагулянта «ПолиДАДМАХ»

| N, п./п. | $\frac{C}{C_0}$ | $\frac{d}{C_0}$ | $\frac{l_\phi}{vt}$ |
|----------|-----------------|-----------------|---------------------|
| <i>1</i> | <i>2</i>        | <i>3</i>        | <i>4</i>            |
| 1        | 1               | 0,0001          | 0,0003              |
| 2        | 0,7             | 0,0002          | 0,0005              |
| 3        | 0,6             | 0,0003          | 0,005               |
| 4        | 0,1200          | 0,0067          | 0,0160              |
| 5        | 0,0875          | 0,0063          | 0,0156              |
| 6        | 0,1071          | 0,0064          | 0,0144              |
| 7        | 0,0833          | 0,0050          | 0,0126              |
| 8        | 0,1077          | 0,0062          | 0,0121              |
| 9        | 0,0778          | 0,0044          | 0,0112              |
| 10       | 0,0765          | 0,0047          | 0,0105              |
| 11       | 0,0706          | 0,0047          | 0,0103              |
| 12       | 0,0350          | 0,0020          | 0,0237              |
| 13       | 0,0450          | 0,0025          | 0,0238              |

| N, п./п. | $\frac{C}{C_0}$ | $\frac{d}{C_0}$ | $\frac{l_\phi}{vt}$ |
|----------|-----------------|-----------------|---------------------|
| <i>1</i> | <i>2</i>        | <i>3</i>        | <i>4</i>            |
| 14       | 0,0667          | 0,0044          | 0,0199              |
| 15       | 0,0733          | 0,0053          | 0,0174              |
| 16       | 0,0550          | 0,0045          | 0,0159              |
| 17       | 0,0588          | 0,0047          | 0,0146              |
| 18       | 0,0556          | 0,0044          | 0,0130              |
| 19       | 0,0600          | 0,0047          | 0,0120              |
| 20       | 0,0882          | 0,0006          | 0,0176              |
| 21       | 0,0833          | 0,0050          | 0,0147              |
| 22       | 0,0824          | 0,0053          | 0,0128              |
| 23       | 0,0632          | 0,0053          | 0,0114              |
| 24       | 0,0778          | 0,0044          | 0,0098              |
| 25       | 0,0706          | 0,0053          | 0,0088              |
| 26       | 0,1333          | 0,0089          | 0,0079              |
| 27       | 0,3824          | 0,0129          | 0,0123              |
| 28       | 0,3056          | 0,0144          | 0,0113              |
| 29       | 0,4891          | 0,0120          | 0,0100              |
| 30       | 0,3158          | 0,0105          | 0,0085              |
| 31       | 0,2500          | 0,0122          | 0,0076              |

По данным таблицы 6.3 видно, что комплекс  $d/C_0$  изменяется в 14,4 раза, комплекс  $l_\phi/vt$  - 79 раз. Отношение  $C/C_0$  - в 28,6 раз. Результаты обобщений данных таблицы 6.3 приведены на рисунках 6.14-6.16.

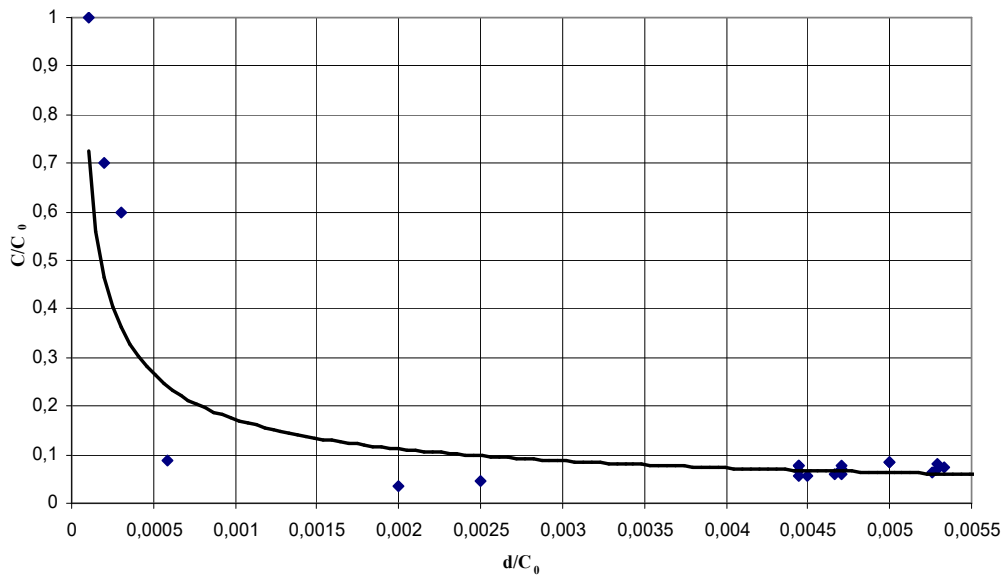


Рисунок 6.14 - Зависимость  $C/C_0$  от критерия  $d/C_0$  при применении коагулянта «ПолиДАДМАХ» в диапазоне от 0,0001 до 0,0055

В интервале от  $0,0001$  до  $0,0055$  экспериментальные точки на рисунке 6.14 обобщены следующим соотношением при индексе корреляции  $0,855$  (корреляционная связь сильная [18]).

$$\frac{C}{C_0} = 0,0023 \cdot \left[ \frac{d}{C_0} \right]^{-0,623} . \quad (6.20)$$

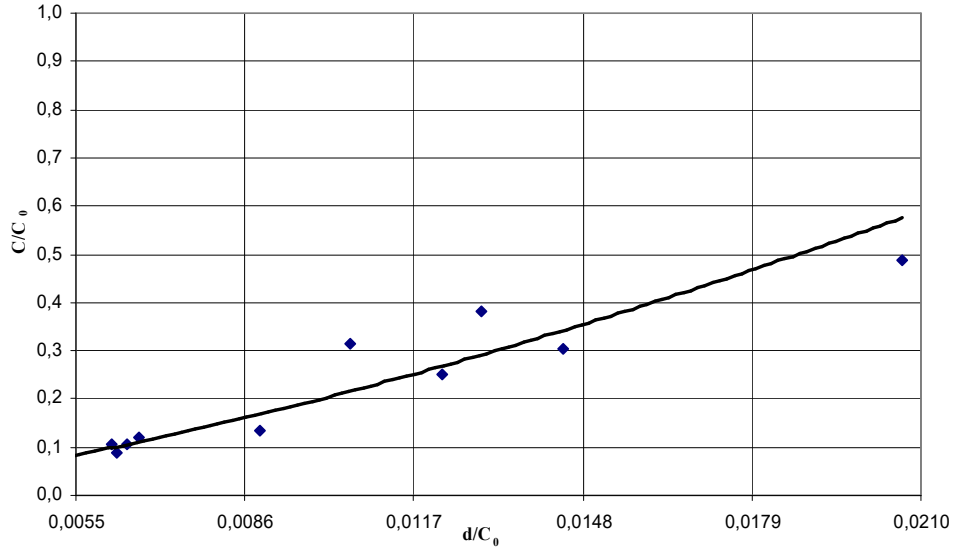


Рисунок 6.15 - Зависимость  $C/C_0$  от критерия  $d/C_0$  при применении коагулянта «ПолиДАДМАХ» в диапазоне от  $0,0055$  до  $0,021$

В интервале от  $0,0055$  до  $0,021$  экспериментальные точки на рисунок 6.15 обобщены зависимостью при индексе корреляции  $0,949$  (корреляционная связь сильная [18]).

$$\frac{C}{C_0} = 430,5 \cdot \left[ \frac{d}{C_0} \right]^{1,71} . \quad (6.21)$$

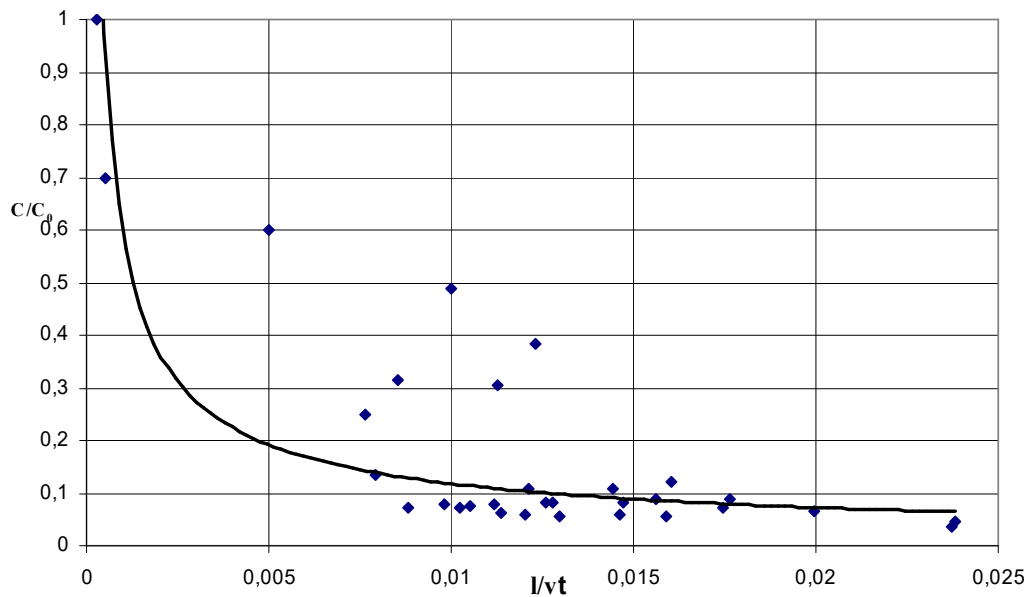


Рисунок 6.16 - Зависимость  $C/C_0$  от критерия  $l\phi/vt$  при применении коагулянта «ПолиДАДМАХ»

Экспериментальные точки на рисунке 6.16 обобщены соотношением, при индексе корреляции 0,756 (корреляционная связь сильная [18]).

$$\frac{C}{C_0} = 0,00476 \cdot \left[ \frac{l}{vt} \right]^{-0,687} . \quad (6.22)$$

#### 6.4 Обработка экспериментальных данных по удалению органических веществ

Рассмотрим влияние критериев  $d/C_0$  на критерий  $C/C_0$ , а также влияние критерия  $l_\phi/vt$ . В фильтроциклах применяли коагулянт «ПолиДАДМАХ», которому соответствует наибольшая эффективность очистки природной воды от мутности. Очистка от органики происходит в осветлителе - рециркуляторе «плюс» плавающий фильтр, а затем в сорбционном фильтре. Критериальные параметры работы установки по удалению органических веществ приведены в таблице 6.4.

Таблица 6.4 - Критериальные параметры работы установки с применением коагулянта «ПолиДАДМАХ»

| N, п./п. | $\frac{C}{C_0}$ | $\frac{d}{C_0}$ | $\frac{l_\phi}{vt}$ |
|----------|-----------------|-----------------|---------------------|
| 1        | 0,679           | 0,017           | 0,0197              |
| 2        | 0,559           | 0,017           | 0,034               |
| 3        | 0,547           | 0,025           | 0,033               |
| 4        | 0,539           | 0,013           | 0,034               |
| 5        | 0,488           | 0,018           | 0,022               |
| 6        | 0,451           | 0,011           | 0,021               |
| 7        | 0,472           | 0,012           | 0,027               |

Из таблицы 6.4 следует, что при экспериментах комплекс  $d/C_0$  изменяется в 2,27 раз,  $l_\phi/vt$  - 1,73 раза, а  $C/C_0$  - в 1,5 раза.

Результаты обобщений данных из таблицы 6.4 приведены на рисунках 6.17-6.18.

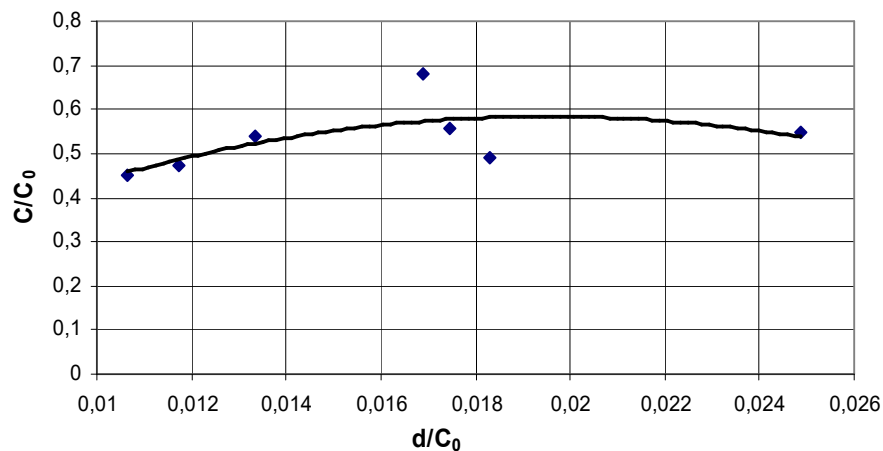


Рисунок 6.17 - Зависимость критерия  $C/C_0$  от критерия  $d/C_0$  при применении коагулянта «ПолиДАДМАХ»

Экспериментальные точки на рисунке 6.17 обобщены соотношением, при индексе корреляции 0,629 (корреляционная связь средняя [18]).

$$\frac{C}{C_0} = 0,582 - 1673,5 \cdot \left( \frac{d}{C_0} - 0,019 \right)^2. \quad (6.23)$$

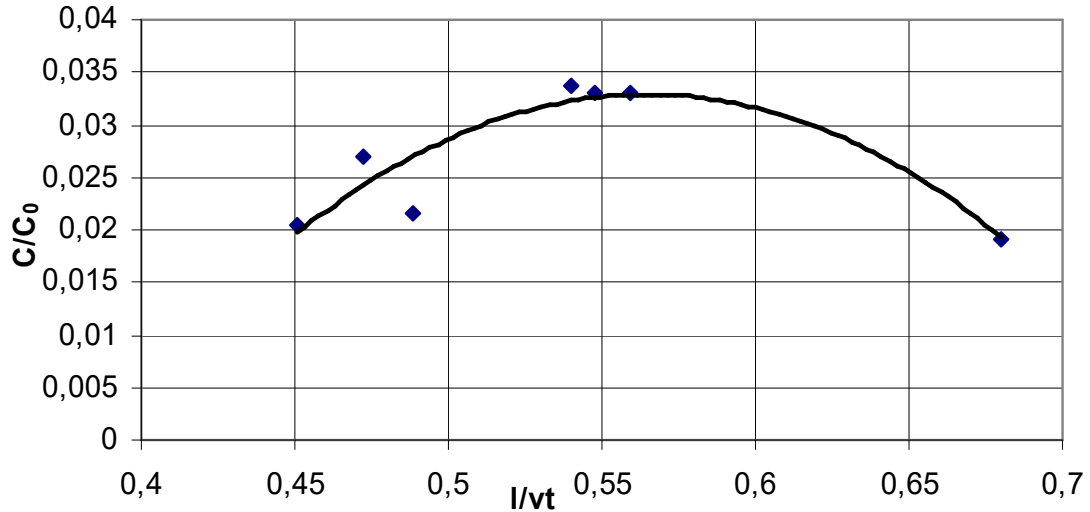


Рисунок 6.18 - Зависимость  $C/C_0$  от критерия  $l_\phi/vt$  при применении коагулянта «ПолиДАДМАХ»

Экспериментальные точки на рисунке 6.18 обобщены соотношением, при индексе корреляции 0,919 (корреляционная связь сильная [18]).

$$\frac{C}{C_0} = 0,0328 - \left( \frac{l_\phi}{vt} - 0,56 \right)^2. \quad (6.24)$$

Для отыскания уравнения в зависимости от двух критериев, выполним выравнивание функции с использованием соотношений (6.23) и (6.24):

$$\frac{C}{C_0} = 0,439 - 1764,59 \cdot \left( \frac{d}{C_0} - 0,019 \right)^2 + 0,5077 \cdot \left( \frac{l}{vt} - 0,56 \right)^2. \quad (6.25)$$

Выражению (6.25) соответствует индекс корреляции 0,625 (корреляционная связь средняя [18]).

Из уравнения (6.25) получим, что наименьшее удаление органических соединений  $\left( \frac{C}{C_0} \right)_{\max}$  соответствует  $\frac{d}{C_0} = 0,019$  и  $\frac{l_\phi}{vt} = 0,56$  и равно  $\left( \frac{C}{C_0} \right)_{\max} = 0,439$ . Наибольшее удаление

органических соединений при проверенных значениях  $\frac{d}{C_0} = 0,01$  и  $\frac{l_\phi}{vt} = 0,675$  равно

$\left( \frac{C}{C_0} \right)_{\max} = 0,303$ . Можно считать полной очисткой от органических соединений при  $\frac{d}{C_0} = 0,003$

и  $0,035$  и  $\frac{l_\phi}{vt} = 0,7$ . После этого потребуется введение хлора только для исключения бактериологического загрязнения питьевой воды в системе водоснабжения.

### 6.5 Разработка математической модели очистки воды от взвеси на фильтровальной установке с плавающей фильтрующей загрузкой

Общее выражение, описывающее процесс очистки воды на фильтровальной установке с применением коагулянта сернокислый алюминий, получим с помощью выражений (6.3) и (6.13):

$$\frac{C}{C_0} = \frac{C_p}{C_0} \times \frac{C}{C_p} = \frac{0,02 + \left\{ 9,46 + 460 \cdot K_v^{1,98} \cdot \left[ 1 - 3685 \cdot \left( \frac{d}{C_0} - 0,258 \right)^2 \right] \right\}}{C_0} \times \quad (6.26)$$

$$\times \left[ 0,1717 - 0,4 \cdot \left( \frac{d}{C_p} - 0,51 \right)^2 - 3,1 \cdot \left( \frac{l_\phi}{vt} - 0,031 \right)^{1,29} \right].$$

Выражению (6.26) соответствует индекс корреляции  $0,766$  (корреляционная связь сильная [18]).

Выражение для процесса очистки с применением коагулянта хлорное железо имеет индекс корреляции  $0,848$  (сильная корреляционная связь [18]):

$$\frac{C}{C_0} = \frac{C_p}{C_0} \times \frac{C}{C_p} = \left( \frac{57,851 \cdot K_v^{0,138} \cdot \left[ 1 + 3,36 \cdot \left( \frac{d}{C_0} - 0,15 \right)^2 \right]^{0,576}}{C_0} \right) \times \quad (6.27)$$

$$\times \left[ 0,127 + 3,52 \cdot \left( \frac{d}{C_p} - 0,49 \right)^2 - 945,2 \left( \frac{l_\phi}{vt} - 0,0114 \right)^2 \right].$$

Для процесса очистки с применением коагулянта «Полвак-40» получено следующее выражение, индекс корреляции  $0,752$  (средняя корреляционная связь [18]).

$$\frac{C}{C_0} = \frac{C_p}{C_0} \times \frac{C}{C_p} = \left( \frac{157,09 K_v^{0,507} \left( 1 - 0,75 \frac{d}{C_0} \right)^{0,528}}{C_0} \right) \times \quad (6.28)$$

$$\times \left[ 0,093 \cdot \left( \frac{d}{C_p} \right)^{1,4} - 0,075 \cdot \exp \left( 0,005 - 106,9 \cdot \frac{l_\phi}{vt} \right) \right].$$

Для описания процесса, протекающего в фильтрующей части установки с применением коагулянта «ПолиДАДМАХ», в зависимости от двух критериев, выполним выравнивание функции с использованием соотношений (6.20) и (6.22) для диапазона критерия  $\frac{d}{C_0}$  от 0,0001 до 0,0055, и с использованием соотношений (6.21) и (6.22) для диапазона критерия  $\frac{d}{C_0}$  от 0,0055 до 0,021.

В интервале значений критерия  $\frac{d}{C_0}$  от 0,0001 до 0,0055 получено следующее выражение, при индексе корреляции 0,968 (корреляционная связь сильная [18]).

$$\left(\frac{C}{C_0}\right) = 0,002636 \cdot \left(\frac{d}{C_0}\right)^{-0,623} + 0,000453 \cdot \left(\frac{l_\phi}{vt}\right)^{-0,687} - 0,09581, \quad (6.29)$$

В интервале значений критерия  $\frac{d}{C_0}$  от 0,0055 до 0,021 получено следующее выражение, при индексе корреляции 0,935 (корреляционная связь сильная [18]):

$$\left(\frac{C}{C_0}\right) = 575,47 \cdot \left(\frac{d}{C_0}\right)^{1,71} - 0,0001035 \cdot \left(\frac{l_\phi}{vt}\right)^{-0,687} - 0,0664. \quad (6.30)$$

Используем полученные математические модели для оценки эффективности испытанных коагулянтов при очистке природных вод от мутности. При расчетах примем  $C_0=100$  мг/л, скорость фильтрации  $v=6,1$  м/ч (0,0017 м/с). При этом скоростной комплекс  $K_v=0,21$ . Для коагулянтов приняты оптимальные условия по комплексам  $\frac{d}{C_p} \left(\frac{d}{C_0}\right)$  и  $\frac{l_\phi}{vt}$  приведенные в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Оптимальные критерии при использовании различных видов коагулянтов

| Коагулянт            | $\frac{d}{C_0}$ | $\frac{d}{C_p}$ | $\frac{l_\phi}{vt}$ | $\frac{C}{C_0}$ |
|----------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| сернокислый алюминий | 0,258           | 0,51            | 0,031               | 0,052           |
| хлорное железо       | 0,15            | 0,49            | 0,0023              | 0,059           |
| «Полвак-40»          | 0,866           | 0,9             | 0,004               | 0,013           |
| «ПолиДАДМАХ»         | 0,0055          | -               | 0,025               | 0,011           |

Из таблицы 6.5 следует, что, наилучшая эффективность очистки соответствует коагулянту «ПолиДАДМАХ»  $\left(\frac{C}{C_0} = 0,011\right)$ , за ним следует «Полвак-40» -  $\left(\frac{C}{C_0} = 0,013\right)$ , сернокислый алюминий -  $\left(\frac{C}{C_0} = 0,052\right)$ , хлорное железо -  $\left(\frac{C}{C_0} = 0,059\right)$ . Остаточная концентрация



загрязнений при использовании коагулянта «ПолиДАДМАХ» меньше в 4,7 раз, чем в случае применения сернокислого алюминия и 5,36 раз хлорного железа.

### Выводы по разделу 6

1. С помощью полученного скоростного критерия  $K_v$  обобщены значения остаточного загрязнения воды на выходе из рециркулятора  $C_p$  при применении трех коагулянтов: сернокислый алюминий, хлорное железо и «Полвак-40». С увеличением скоростного критерия  $K_v$  происходит рост остаточной концентрации  $C_p$ . Полученным зависимостям  $C_p$  от  $K_v$  соответствуют индексы корреляции 0,657...0,873.

2. На основании экспериментальных данных получены модели зависимости степени очистки природной воды от взвеси в виде:  $\frac{C}{C_0} = f\left(K_v, \frac{d}{C_p}, \frac{l_\phi}{vt}\right)$  для трех коагулянтов: сернокислый алюминий, хлорное железо и «Полвак-40» при индексах корреляции 0,752...0,848.

Для коагулянта «ПолиДАДМАХ» получена модель в виде  $\frac{C}{C_0} = f\left(\frac{d}{C_0}, \frac{l_\phi}{vt}\right)$  для двух областей изменения  $\frac{d}{C_0}$  с индексом корреляции 0,935 и 0,968.

3. На основании математических моделей установлено, что наилучший эффект очистки природной воды от взвеси соответствует коагулянту «ПолиДАДМАХ», за ним следует «Полвак-40», сернокислый алюминий и хлорное железо. Остаточная концентрация загрязнений в случае применения «ПолиДАДМАХ» меньше в 4,7 раза, чем при применении коагулянта сернокислый алюминий и 5,36 чем при применении хлорного железа. Наименьшая эффективность очистки соответствует коагулянту хлорное железо.

4. С использованием критериев  $\frac{C}{C_0}$ ;  $\frac{d}{C_0}$ ;  $\frac{l_\phi}{vt}$  проведено обобщение экспериментальных данных с наиболее эффективным коагулянтом «ПолиДАДМАХ» по удалению органических веществ на установке с плавающей фильтрующей загрузкой и сорбционным фильтром. Получена математическая модель с индексом корреляции 0,625 (корреляционная связь средняя). Наибольшее удаление органических веществ при проверенных значениях критериев  $\frac{d}{C_0}$  и  $\frac{l_\phi}{vt}$  соответствует степени очистки  $\frac{C}{C_0} = 0,303$ . Достигается полная очистка природной воды от органических соединений с использованием коагулянта «ПолиДАДМАХ» при  $\frac{d}{C_0} = 0,0303$  и  $0,035$  и  $\frac{l_\phi}{vt} = 0,7$ . После этого потребуется введение хлора только для исключения бактериологического загрязнения питьевой воды в системе водоснабжения.

## РАЗДЕЛ 7

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВОДЫ В КРУПНОМАСШТАБНОЙ ФИЛЬТРОВАЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

## 7.1 Оптимизация вида коагулянта, исходя из экономической эффективности

С помощью приведенных математических моделей (6.26), (6.27), (6.28), (6.29), (6.30) для четырех коагулянтов можно оценить эффективность каждого коагулянта и стоимости применения оптимального коагулянта. При расчетах принято:  $t=72$  ч,  $v=6$  м/ч;  $C_0=15$  мг/л; (в установке  $l_\phi=1,2$  м;  $W=30$  м<sup>3</sup>). Получив математическое описание процесса обработки воды на КФУ, при использовании четырех различных коагулянтов, можем оценить эффективность каждого коагулянта и стоимости оптимального коагулянта. В результате расчетов, по ранее приведенным формулам, для каждого коагулянта строим зависимость  $\frac{C}{C_0} = f\left(\frac{d}{C_0}\right)$ .

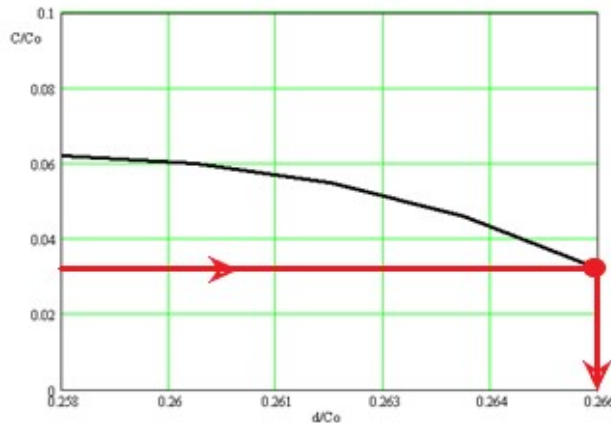


Рисунок 7.1 - Зависимость отношения  $\frac{C}{C_0}$  от  $\frac{d}{C_0}$  для коагулянта сернокислый алюминий

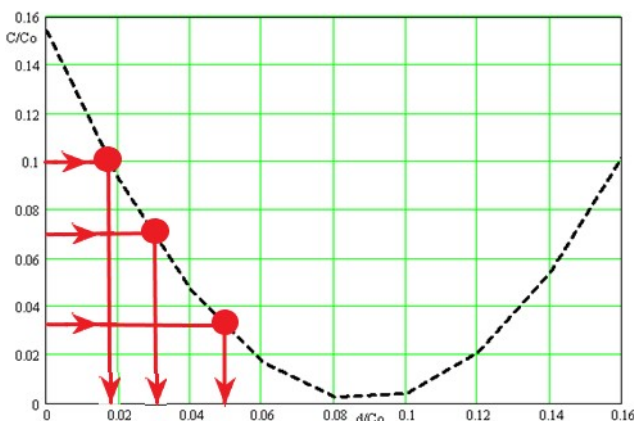


Рисунок 7.2 - Зависимость отношения  $C/C_0$  от  $d/C_0$  для коагулянта хлорное железо

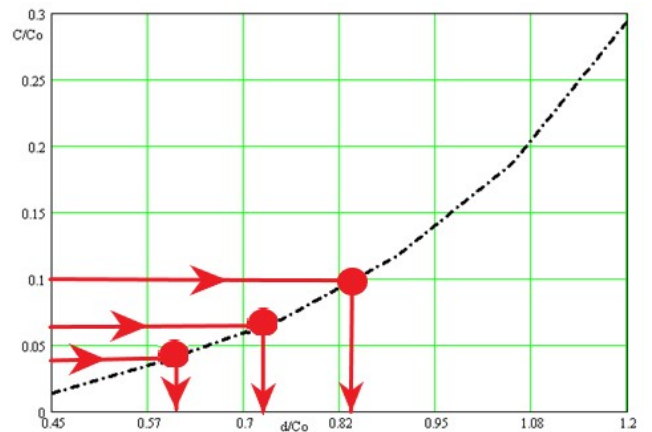


Рисунок 7.3 - Зависимость отношения  $C/C_0$  от  $d/C_0$  для коагулянта «Полвак-40»

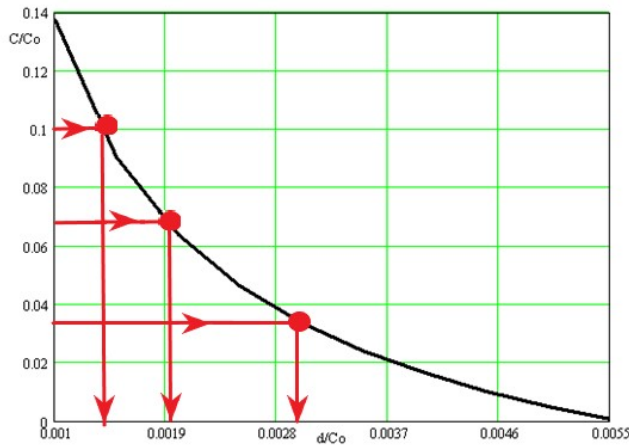


Рисунок 7.4 - Зависимость отношения  $C/C_0$  от  $d/C_0$  для коагулянта «ПолиДАДМАХ» в диапазоне от 0,001 до 0,0055

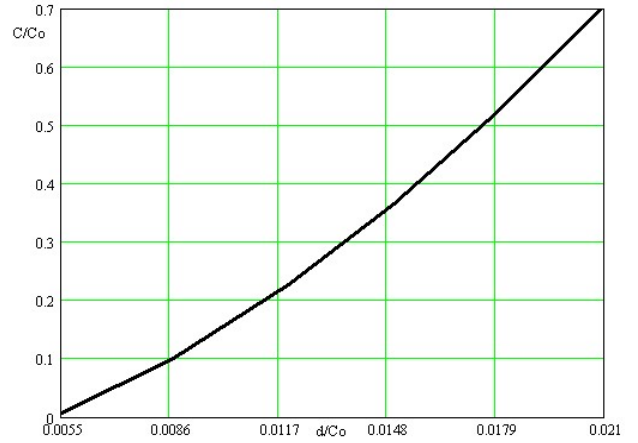


Рисунок 7.5 - Зависимость отношения  $C/C_0$  от  $d/C_0$  для коагулянта «ПолиДАДМАХ» в диапазоне от 0,0055 до 0,021

В фильтроциклах при применении каждого коагулянта определяется необходимая доза  $d$  при трех значениях остаточной концентрации загрязнений  $C=0,5; 1; 1,5 \text{ мг/дм}^3$ . Результаты расчетов приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 - Зависимость необходимой дозы коагулянта  $d$  от остаточной концентрации  $C$

| $C$ , мг/л | $d$ , мг/л           |                |             |              |
|------------|----------------------|----------------|-------------|--------------|
|            | сернокислый алюминий | хлорное железо | «Полвак-40» | «ПолиДАДМАХ» |
| 0,5        | -                    | 1,275          | 9,9         | 0,0495       |
| 1          | -                    | 0,87           | 13,65       | 0,03         |
| 1,5        | 3,75                 | 0,48           | 16,5        | 0,027        |

Приведенные в таблице 7.1 данные использованы для проведения дополнительных расчетов. Результаты этих расчетов приведены в таблице 7.2 при расходе очищаемой воды в течении фильтроцикла в объеме равном  $30 \text{ м}^3$ .

Таблица 7.2 - Результаты экономических расчетов

| Реагент                                | $d/C_0$ | $d$ , мг/дм <sup>3</sup> | $d$ , кг | Стоимость, руб./тонн | Затраты, руб |
|--|---------|--------------------------|----------|----------------------|--------------|
| $C=1,5 \text{ мг/л}$ ( $C/C_0=0,1$ )   |         |                          |          |                      |              |
| хлорное железо                         | 0,0175  | 0,2625                   | 0,0078   | 37000                | 0,289        |
| «Полвак»                               | 0,84    | 12,6                     | 0,378    | 40000                | 15,120       |
| «ПолиДАДМАХ»                           | 0,0014  | 0,021                    | 0,00063  | 175000               | 0,110        |
| $C=1 \text{ мг/л}$ ( $C/C_0=0,066$ )   |         |                          |          |                      |              |
| сернокислый алюминий                   | 0,266   | 3,99                     | 0,1197   | 30000                | 3,591        |
| «хлорное железо»                       | 0,03    | 0,45                     | 0,0135   | 37000                | 0,499        |
| «Полвак»                               | 0,76    | 11,4                     | 0,342    | 40000                | 13,68        |
| «ПолиДАДМАХ»                           | 0,002   | 0,03                     | 0,0009   | 175000               | 0,158        |
| $C=0,5 \text{ мг/л}$ ( $C/C_0=0,033$ ) |         |                          |          |                      |              |
| хлорное железо                         | 0,05    | 0,75                     | 0,0225   | 37000                | 0,833        |
| «Полвак»                               | 0,73    | 10,95                    | 0,329    | 40000                | 13,16        |
| «ПолиДАДМАХ»                           | 0,003   | 0,045                    | 0,00135  | 175000               | 0,236        |

На основании данных, приведенных в таблице 7.2, наиболее экономически выгодным является применение коагулянта «ПолиДАДМАХ». При применении коагулянта «ПолиДАДМАХ», скоагулированный осадок имеет большую плотность, соответственно и малый объем, что упрощает регенерацию отстойников или осветлителей. Так же для применения традиционных коагулянтов требуется реагентное хозяйство, включающее в себя: растворные и расходные баки; систему насосов-дозаторов. А при применении коагулянта «ПолиДАДМАХ» установка по его дозированию занимает  $3 \text{ м}^2$ , и проста в эксплуатации. На основании изложенного, целесообразно использование коагулянта «ПолиДАДМАХ».

## 7.2 Оптимизация процесса очистки при различных основных показателях воды в случае использования коагулянта «ПолиДАДМАХ»

Как было показано выше, применение коагулянта «ПолиДАДМАХ» обеспечивает очистку природной воды, как от взвеси, так и от органических веществ. Влияние на степень очистки воды от взвеси относительной доли коагулянта  $\frac{d}{C_0}$  и критерия  $\frac{l_\phi}{vt}$  определяется

соотношением (6.29) и (6.30) при отношении  $\frac{d}{C_0} = 0,0055$  и  $\frac{l_\phi}{vt} = 0,025$  обеспечивается

наилучшая очистка  $\frac{C}{C_0} = 0,011$ . Тогда используя допустимое и желаемое значение мутности

равное  $0,5 \text{ мг/л}$ , получим наибольшее допустимое значение мутности в природной воде  $C_0 = 45,5 \text{ мг/л}$ . При  $C_0 \leq 45,5 \text{ мг/л}$  обеспечивается остаточная концентрация взвеси  $C = 0,5 \text{ мг/л}$ . При

этом  $d \leq 0,25 \text{ мг/л}$ . Время фильтрования  $t = \frac{40l_\phi}{v}$ . Например, при  $v = 6 \text{ м/ч}$  получим:  $t = 8 \text{ ч}$ .

Влияние на степень очистки воды от органических веществ также определяется  $\frac{d}{C_0}$  и  $\frac{l_\phi}{vt}$

соотношения (6.23) - (6.24). Полная очистка воды от органических соединений происходит при

$\frac{d}{C_0} = 0,003$  или  $\frac{d}{C_0} = 0,035$  и  $\frac{l_\phi}{vt} = 0,7$ . Из четырех водохранилищ, обеспечивающих питьевой

водой г. Симферополь, в Межгорном и Симферопольском водохранилище возможно максимальное содержание органических соединений ПО составляет  $10 \text{ мгО}_2/\text{дм}^3$ . Используя эту величину как  $C_{0max}$ , получим  $d = 0,03 \text{ мг/дм}^3$  или  $d = 0,35 \text{ мг/дм}^3$ . Время фильтрации определяется

соотношением  $t = 1,429 \frac{l_\phi}{v}$ , при  $v = 6 \text{ м/ч}$ , время  $t = 0,286 \text{ ч}$ . Расчеты показывают, что значение

дозы реагента  $d$  и времени фильтрации  $t$  для получения наименьшей остаточной концентрации

взвеси значительно отличаются от значений  $d$  и  $t$  для обеспечения полной очистки воды от органических соединений. Поэтому следует рассчитать:

- степень очистки воды от органических соединений при оптимальных для очистки от взвеси значениях  $\frac{d}{C_0}$  и  $\frac{l_\phi}{vt}$ ;

- степень очистки воды от взвеси при оптимальных для очистки от органических соединений значениях  $\frac{d}{C_0}$  и  $\frac{l_\phi}{vt}$ .

В первом случае получено, что полная очистка от органических соединений не реализуется:  $\frac{C}{C_0} = 0,239$ . Во втором случае при  $\frac{d}{C_0} = 0,003$  и  $\frac{l_\phi}{vt} = 0,7$  очистке от взвеси соответствует  $\frac{C}{C_0} = 0,0031$ , при этом  $C \leq 0,5 \text{ мг/дм}^3$  мг/л и  $C_0 \leq 160 \text{ мг/дм}^3$

### 7.3 Практическое применение рассмотренной технологии

В поселок Научный Бахчисарайского района Республики Крым вода подается из Загорского водохранилища, без очистки на водопроводных очистных сооружениях и без обеззараживания.

Вода поверхностного источника обладает незначительной мутностью и повышенными значениями по показателю цветности (данные качественного состава приведены в таблице 7.3). В проектный институт Consol было направлено техническое задание по проектированию водопроводных очистных сооружений, которые могли бы выполнять очистку воды до требований СанПиН 2.1.4.1074-01 [124] и обеспечить жителей поселка Научного качественной питьевой водой. В свою очередь, проектный институт Consol направил письмо в Академию строительства и архитектуры с просьбой рекомендовать специалиста по вопросам очистки природных вод для оказания соответствующих консультаций по выбору технологии.

Таблица 7.3 - Данные качественного состава воды Загорского водохранилища

| Показатели качества воды | Содержание в исходной воде | Требование СанПиН 2.1.4.1074-01 [124] |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| 1                        | 2                          | 3                                     |
| Запах при 20 °С, балл    | 1                          | не более 2                            |
| Запах при 60 °С, балл    | 2                          | 2                                     |
| Привкус                  | 1                          | 2                                     |
| Цветность, град ПКШ      | 28                         | не более 20 (35) <sup>1</sup>         |
| Мутность, мг/л           | 1,16                       | не более 1,5 (2) <sup>1</sup>         |
| рН                       | 6,7                        | 6...9                                 |

| 1                     | 2     | 3           |
|-----------------------|-------|-------------|
| Окисляемость          | 2     | 5           |
| Азот аммиака, мг/л    | 0,21  |             |
| Азот нитритов, мг/л   | 0,016 |             |
| Азот нитратов, мг/л   | 1,6   | 45          |
| Общая жесткость, мг/л | 3,5   | 7 (10)      |
| Сухой остаток, мг/л   | 498   | 1000 (1500) |
| Хлориды, мг/л         | 15    | 350         |
| Сульфаты, мг/л        | 24    | 500         |
| Железо, мг/л          | <0,1  | 0,3 (1)     |
| Фтор, мг/л            | 0,25  | 1,5         |

Проанализировав данные качественного состава воды Загорского водохранилища, был сделан вывод о том, что все качественные показатели удовлетворяют требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 [124], кроме показателя цветности, который составляет 28 °ПКШ и общих колиформных бактерий (присутствие в 100 мл).

Сведения относительно характера органических соединений, содержащихся в воде, получают при сравнении отношения значения цветности и перманганатной окисляемости. Повышенное значение этого соотношения свидетельствует о преобладающем содержании в воде стойких гуминовых веществ (ГВ) болотного происхождения, в то время как пониженное значение свидетельствовало о ГВ планктонного происхождения, т.е. новообразованных [32]. По свидетельству [32] при коагуляции удаляются преимущественно фракции образованных ранее природных органических веществ, что позволит эффективно снизить цветность воды до нормативных требований.

В данном случае целесообразно применить схему очистки, состоящую из установки, в соответствии с патентом [111], совмещающей осветление в слое взвешенного осадка, с последующим фильтрованием через пенополистирольную загрузку, с применением коагулянта ПДМ, затем фильтрацию через сорбционный фильтр. В качестве обеззараживающего реагента применить раствор гипохлорита натрия. Рекомендуемая технологическая схема представлена на рисунке 7.6, а подробный состав и конструктивные параметры сооружений и оборудования определены и представлены в таблице 7.4.

При определении площади фильтрования были применены параметры, полученные в ходе экспериментальных исследований такие как: скорость фильтрования, интенсивность промывки, время простоя фильтра, обусловленное продолжительностью промывки.

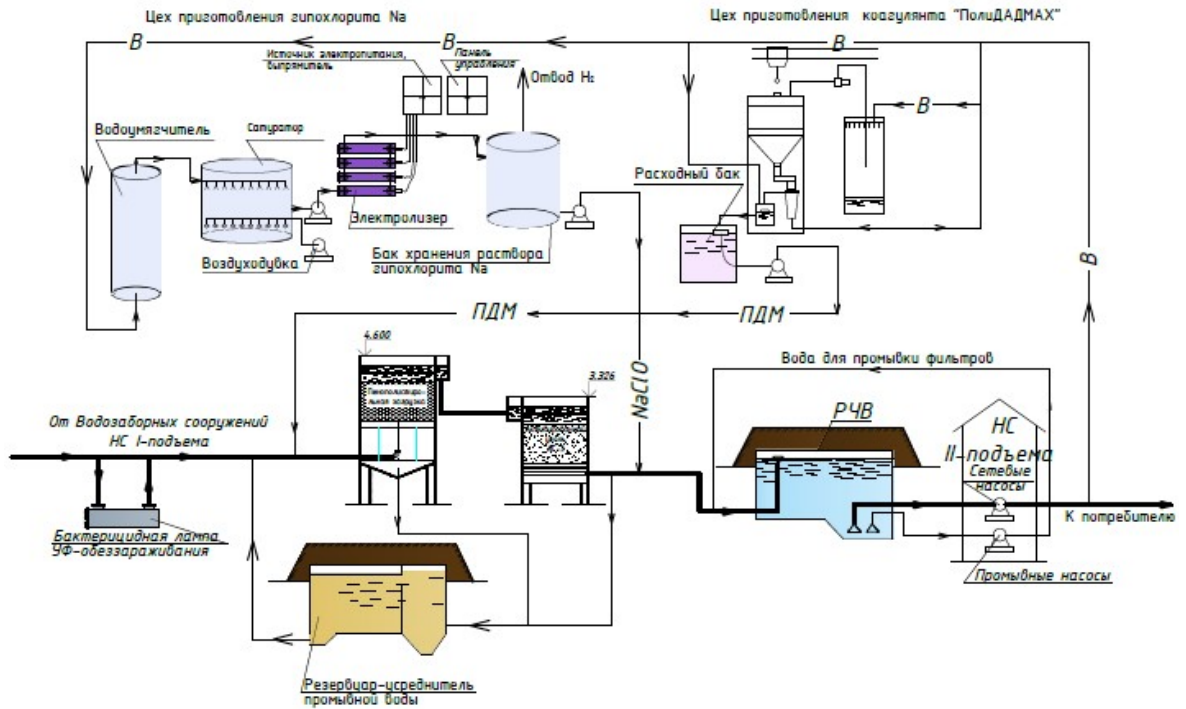


Рисунок 7.6 – Рекомендуемая технологическая схема подготовки питьевой воды для пгт. Научный Бахчисарайского района Республики Крым

Таблица 7.4 – Сводные данные расчетов для станции подготовки питьевой воды п. Научный Бахчисарайского района

| Параметры  | Расчетное выражение | Количественное значение  |
|--|---------------------|--|
| 1  | 2                   | 3  |
| <b>Оборудование, предназначенное для первичного обеззараживания</b>  |                     |  |
| УФ-лампа обеззараживания<br>Установка УФ<br>обеззараживания воды 25<br>м <sup>3</sup> /ч ЛИТ DUV-2A250D-N<br>MST, 650 Вт, G 2" |                     | 1 рабочая и 1 резервная  |
| <b>Оборудование для приготовления и дозирования коагулянта ПДМ</b>   |                     |  |
| Модуль для разбавления и<br>дозирования порошковых<br>полимеров<br>FLOQUIP- DP 220   |                     | В составе которой<br>включены:<br>-два бака, объемом 1м <sup>3</sup><br>каждый;<br>-две мешалки малой<br>скорости;<br>- два модуля смачивания;<br>-один дозирующий насос с<br>переключателем скоростей;<br>-двухуровневые регуляторы;<br>-одна система разбавления<br>до необходимой<br>концентрации;<br>-система управления |

| 1   | 2  | 3                       |
|---|--|-------------------------|
| <b>Фильтр первой ступени - пенополистирольный фильтр</b>  |  |                         |
| <i>Ополезная, м³/сут</i>  |  | 550                     |
| <i>Qполн, м³/сут</i>  | $Q_{полн} = Q_{сут} * 1,04$  | 572                     |
| <i>Fфильтр, м² [41]</i>   | $F = \frac{Q_{сут}}{v_n \cdot (T - \tau_{np} \cdot n_{np}) - 3,6 \cdot n_{np} \cdot \tau_{np} \cdot \omega}$ | 4,065                   |
| <i>Nфильтр, шт</i>  | $N_{\phi} = \frac{\sqrt{F_{\phi}}}{2}$   | 1 рабочий и 1 резервный |
| <i>Диаметр фильтра d<sub>φ</sub>, м</i>   | $d_{\phi} = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\phi}}{3,14}}$  | 2,3                     |
| <i>Высота слоя загрузки, м</i>  |  | 1,2                     |
| <i>Крупность гранул пенополистирола, мм</i>   |  | 1...3                   |
| <i>Диаметр подающего на фильтрацию и отводящего трубопровода, мм</i>                                      |  | 80                      |
| <i>Диаметр трубопровода отвода промывной воды, мм</i>   |  | 200                     |
| <b>Фильтр второй ступени – угольная загрузка</b>  |  |                         |
| <i>Высота слоя угольной загрузки сорбционного фильтра, м</i>  | $H_{у.з.} = \frac{v_{р.ф} \cdot \tau_y}{60}$   | 1,3                     |
| <i>Диаметр сорбционного фильтра, м</i>  |  | 2                       |
| <i>Высота надфильтрового пространства, м</i>  | $H_{надф}^{сф} = \frac{H_{уз} \cdot e_{отн}}{100}$   | 0,6                     |
| <i>Расход воды на промывку сорбционного фильтра, л/с</i>  | $Q_{np} = q_n \cdot F_{сф}$  | 47,1                    |
| <i>Диаметр коллектора НДС определяют по формуле, мм</i>   | $D_{\kappa}^{осф} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{np}}{\pi \cdot v_{np}^{\kappa}}}$                                 | 200                     |
| <i>Необходимый объем воды для промывки фильтра, м³</i>  | $W_{np} = Q_{np} \cdot t_n \cdot 60 / 1000$  | 22,6                    |
| <i>Объем РЧВ, необходимый для хранения 2-х расчетных и 1 дополнительной промывки сорбционного фильтра</i> | $W_{РЧВnp} = W_{np} \cdot 3$   | 67,8                    |
| <i>Насос для промывки угольного фильтра</i>   |  |                         |
| <b>Оборудование для приготовления и дозирования гипохлорита Na</b>  |  |                         |
| <i>Расход активного хлора в сутки при дозе 2 мг/л для вод поверхностных источников, кг/сут</i>            | $Q_{Cl} = Q_{сут} \cdot D_{Cl} / 1000$   | 1,15                    |
| <i>Расход поваренной соли, кг/сут</i>   | $Q_{NaCl} = D_{NaCl} \cdot Q_{Cl}$   | 4,03                    |



| 1  | 2                             | 3      |
|--|-------------------------------|--------|
| Запас поваренной соли, хранящийся на станции, кг/мес   | $\Sigma Q_{NaCl30\text{сут}}$ | 120,8  |
| Объема затрачиваемой в сутки рапы, хранящейся в соляном сатураторе, м <sup>3</sup> /мес  | $W = Q_{NaCl} \cdot 100/15$   | 0,81   |
| Соляной сатуратор, объемом 1 м <sup>3</sup> , диаметр сатуратора $D=1$ м, высота сатуратора $H=1$ м  |                               |        |
| Объем 3% раствора соли в сутки, 2 емкости для хранения полученного гипохлорита Na  | $W_1 = W \cdot (15-3)/3$      | 107,5  |
| Объем произведенного гипохлорита Na в сутки  | $W_2 = Q_{Cl} 100/0,8$        | 143,75 |
| Перестальтический насос ( <i>Encore 100 с диафрагмой 35 мм</i> ), подающий соляной раствор на электролизер, $Q$ , л/ч  | $Q_H = W_1/24$                | 4,5    |
| Электролизная камера или производительностью до 2 кг/сутки   |                               |        |
| Промышленные вентиляторы, предназначенные для удаления водорода, образующегося в процессе электролиза <i>Elector RD0</i> $Q=2,7$ м <sup>3</sup> (1 рабочий, 1 резервный) |                               |        |
| Резервуар для хранения готового раствора гипохлорита натрия, принимаем 2 шт, объемом 1 м <sup>3</sup> .  |                               |        |
| Насос-дозатор для подачи раствора гипохлорита Na к точке ввода. <i>Encore 100 с диафрагмой 35 мм</i> (1 рабочий и 1 резервный), $Q$ , л/ч                                | $Q_H = W_2/24$                |        |
| Умягчитель исходной воды для приготовления соляного раствора, <i>Genomat duo MF-65</i>   |                               |        |
|  |                               |        |
|  |                               |        |

|   |  |  |
|---|--|--|
| Сооружения приема, усреднения и повторного использования промывной воды |  |  |
| Резервуар-усреднитель промывной воды                                    |  |  |
| Оборудование для подачи воды в населенный пункт                         |  |  |
| Существующая насосная группа насосов марки ЦН                           |  |  |

### Выводы по разделу 7

1. Анализ экономических характеристик показал, что коагулянт «серноокислый алюминий» обеспечивает относительную остаточную концентрацию не менее  $\frac{C}{C_0} = 0,133$ .

Наименьшим экономическим эффектом обладает коагулянт «Полвак-40». Наибольшим экономическим эффектом обладает коагулянт «ПолиДАДМАХ». Затраты на 1 цикл фильтрования составляют *110,3 руб.* Этот коагулянт имеет также эксплуатационные преимущества, обусловленные высокой плотностью шлама и организации дозирования, что позволяет рекомендовать использование «ПолиДАДМАХ» для приготовления питьевой воды из поверхностных источников централизованного питьевого водоснабжения.

2. Коагулянт «ПолиДАДМАХ» обеспечивает наименьшую остаточную концентрацию взвеси и может обеспечить полную очистку природной воды от органических соединений.

3. Расчеты показали, что значение дозы «ПолиДАДМАХ» и время фильтрования для получения наименьшей остаточной концентрации взвеси значительно отличаются от значений, соответствующих полной очистке воды от органических веществ. Дополнительные расчеты позволили определить целесообразность использования оптимальных параметров по  $\frac{d}{C_0}$  и  $\frac{l_\phi}{vt}$ ,

соответствующих полной очистке от органических загрязнений воды, при которых степень очистки от взвеси составляет  $\frac{C}{C_0} = 0,0031$ , что обеспечивает остаточную концентрацию мутности в воде менее нормируемой  $C \leq 0,5 \text{ мг/дм}^3$  при начальной концентрации взвеси в природной воде менее  $C_0 \leq 160 \text{ мг/дм}^3$ .

4. В работе представлена методика практического применения установки для очистки поверхностных вод производительностью *550 м<sup>3</sup>/сут.*

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного диссертационного исследования.

В диссертационной работе, на основе аналитического обзора методов современного состояния получения качественной питьевой воды, выполнено задание по теоретическому обоснованию и разработке технических решений по созданию крупномасштабной фильтровальной установки, воспроизводящей такие технологические процессы очистки питьевых вод, как: осветление в слое взвешенного осадка, фильтрование через пенополистирольную загрузку (восходящим потоком), фильтрование через угольную загрузку (нисходящим потоком). Обобщение результатов экспериментальных исследований по реагентному фильтрованию позволили получить математические модели процессов очистки на каждом этапе работы комбинированного сооружения с применением различных марок и доз коагулянтов, с целью оптимизации выбора дозы и вида реагента при различных условиях эксплуатации.

1. Впервые предложена методика оценки качества вод поверхностных ИЦВ, поступающих на ВОС и эффективности работы ВОС по удалению органических загрязнений, являющихся показателями антропогенного воздействия на водохозяйственные комплексы городской инфраструктуры. Предложенная методика оценки многолетних данных качественных показателей ИЦВ позволят оценить динамику изменения антропогенного воздействия на водные объекты с принятием оперативных решений моментальной и пролонгированной защиты водных объектов. Оценка эффективности очистки на ВОС даст возможность определить необходимые технические решения по ее интенсификации.

2. Обосновано формирование критериев процессов ресурсосберегающего осветления при очистке вод поверхностных ИЦВ от антропогенных загрязнений. На основании сформированных критериев разработаны математические модели данных процессов, учитывающие влияние вида и дозы применяемых коагулянтов, скоростного критерия, которые являются основными параметрами проектирования новых и эксплуатации действующих водоочистных сооружений.

3. Уточнены критерии процессов фильтрования и сорбции при очистке вод поверхностных ИЦВ от антропогенных загрязнений, позволяющие получить математическую модель, комплексно описывающую процессы очистки, протекающие в ней.

4. Определены для поверхностных вод РК функции плотности распределения органических загрязнений в воде поверхностных источников, рассчитаны превышения лимитирующих показателей по действующим стандартам, позволяющие оценить составляющую антропогенного воздействия на водохозяйственные комплексы, а также выявлена барьерная способность ВОС относительно органических загрязнений и установлена

требуемая эффективность очистки для обеспечения показателей СанПиН 2.1.4-1074-01, а также нормативов ВОЗ и ЕС.

5. Разработана и запатентована установка по очистке вод поверхностных ИЦВ от взвешенных веществ и органических соединений. Конструктивные решения по очистке воды позволяют удалять более половины органических загрязнений и большую часть взвешенных веществ.

6. Впервые для условий ИЦВ РК оптимизированы параметры очистки от взвешенных веществ и органических соединений по экономическим критериям, с целью повышения барьерной способности ВОС от антропогенных загрязнений. Экономический анализ показал, что наиболее эффективным коагулянтom является «ПолиДАДМАХ», который обеспечивает высокую эффективность очистки вод от загрязнений поверхностных источников водохозяйственных комплексов, подвергшихся антропогенному загрязнению; в результате оптимизации по затратам имеет второе значение среди исследуемых коагулянтов при прочих равных условиях; обладает ресурсосберегающими свойствами при его применении; экономит площадь ВОС (за счет оптимальной площади реагентного хозяйства); не оставляет остаточных соединений опасных для здоровья человека и окружающей природной среды.

7. Разработанные и запатентованные технические решения по сооружениям очистки природных вод позволяют снижать содержание взвешенных веществ до 90%, а органических загрязнений до 54,9% от исходного антропогенного загрязнения.

**Рекомендуется использовать** полученные автором аналитические выражения для определения степени очистки от взвешенных и органических соединений и затрат на ее проведение в зависимости от вида, дозы и стоимости коагулянта, продолжительности фильтроцикла, скорости фильтрования, высоты слоя фильтрующей загрузки для поверхностных вод ИЦВ. Предложенную методику оценки эффективности работы ВОС по органическим загрязнениям, также использовать для оценки работы ВОС по другим показателям качественного состава поверхностных вод.

**Дальнейшими перспективами разработки** темы является внедрение рекомендаций, полученных на основе исследований, в практику эксплуатации очистных сооружений, а также использование определенных технологических параметров в проектировании новых компактных установок очистки воды для малых населенных пунктов Республики Крым, где ощущается значительная потребность в качественной питьевой воде.

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- $D_{Cl}$  - доза хлора,  $мг/дм^3$ ;  
 $D_k$  - доза коагулянта,  $мг/дм^3$ ;  
 $M$  - мутность воды,  $мг/дм^3$ ;  
 $T_{ст}$  – продолжительность работы станции в течении суток;  
 $Ц$  - цветность,  $^{\circ}ПКШ$ ;  
 $^{\circ}ПКШ$  - градусы платиново-кобальтовой шкалы;  
 $\Phi(u)$  - функция Лапласа;  
 $A$  - сила Архимеда;  
 $Ar$  – число Архимеда;  
 $C_0$  - исходная концентрация взвешенных веществ,  $мг/дм^3$ ;  
 $C$  - конечная концентрация взвешенных веществ,  $мг/дм^3$ ;  
 $C_{об}$  - объемная концентрация загрязнений в слое взвешенного осадка;  
 $C_p$  - остаточное содержание загрязнений в воде, прошедшей осветлитель;  
 $D$  - диаметр фильтровальной колонны,  $м$ ;  
 $d$  – доза коагулянта,  $мг/дм^3$ .  
 $d_э$  - эквивалентный диаметр зерен фильтровальной загрузки,  $мм$ ;  
 $d_з$  - диаметр загрузки фильтров,  $мм$ ;  
 $d_{шт}$  - диаметр штуцера,  $мм$ ;  
 $F$  – сила Стокса;  
 $F$  - площадь живого сечения,  $м$ ;  
 $G$  – сила тяжести,  $H$ ;  
 $g$  - ускорение свободного падения,  $м/с^2$ ;  
 $H_c$  - высота осветлителя,  $см$ .  
 $K_v$  - скоростной критерий;  
 $K_c$  - безразмерный критерий сепарации;  
 $l_{ф}$  – высота слоя загрузки фильтра,  $м$ ;  
 $M(x)$  – математическое ожидание;  
 $n_i$  - количество частиц массой  $m_i$ ;  
 $n_{пр}$  - количество промывок одного фильтра в течении суток;  
 $P(x)$  - вероятность  $x$ ;  
 $Re$  – число Рейнольда  
 $Q_t$  - суммарный расход воды за время фильтрования,  $м^3$ ;  
 $Q$  - полная производительность водопроводных очистных сооружений,  $м^3/сут$ ;

$q_n$  – интенсивность промывки,  $л/с \cdot м^2$ .

$r$  - индекс корреляции;

$t_{cm}$  - табличное значение критерия Стьюдента;

$t$  - продолжительность фильтрования, ч;

$v$  - расчетная скорость восходящего потока воды,  $м/с$ ;

$v_c$  - скорость свободного осаждения частиц загрязнений,  $м/с$ ;

$v_f$  - скорость фильтрования,  $м/ч$ ;

$W_\phi$  – объем фильтра,  $м^3$ ;

$W$  - объем рециркулятора,  $м$  ;

$\Theta$  - температура воды,  $^{\circ}C$ ;

$\rho$  - плотность воды,  $кг/дм^3$ ;

$\rho_c$  - плотность частицы,  $кг/дм^3$ ;

$\nu$  - кинематическая вязкость воды,  $\frac{м^2}{с}$ .

$\sigma$  - среднее квадратическое отклонение;

$\omega$  - интенсивность промывки;

$\tau_{np}$  – время промывки, *мин*, ч.

## СОКРАЩЕНИЯ

- ВОС* – водопроводные очистные сооружения;
- ГВ* - гуминовые вещества;
- ГК* - гуминовые кислоты;
- ИК* - инфракрасные спектры;
- КС* – контактная среда;
- КФУ* – крупномасштабная фильтровальная установка;
- ПАУ* - порошкообразные активированные угли;
- ПДК* – предельно допустимая концентрация;
- ПО* - перманганатная окисляемость  $mgO_2/dm^3$ ;
- ПХБ* - полихлорированные бифенилы;
- ПОС* – природные органические соединения;
- РЧВ* - резервуары чистой воды;
- ФПЗ* - плавающие фильтрующие загрузки;
- ХОС* - хлорорганические соединения;
- ГО* – горизонтальные отстойники;
- МО* – многоярусные отстойники;
- ТО* – тонкослойные отстойники;
- ОСВ* – осветлители со слоем взвешенного осадка;
- МФ* – медленные фильтры;
- СФ* – скорые фильтры;
- КО* - контактные осветлители;
- ПФ* - префильтры;
- КК* – контактная камера;
- УФ* – обеззараживание при помощи бактерицидных ламп;
- ИЦВ* – источники централизованного водоснабжения.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Азерьер, С.Х. Водоснабжение на железнодорожном транспорте [Текст]: /. С.Х. Азерьер. – М.: Трансжелдориздат, 1952. – 504 с.
2. Азерьер, С.Х. Исследование вертикальных отстойников в системах водоснабжения. Сб. трудов «Водопровод, канализация, теплофикация». Издательство Наркомводхоз, 1940.
3. Азерьер, С.Х. Исследование работы вертикальных цилиндрических отстойников. [Текст] / С.Х. Азерьер. – М. – Л. : Гостройиздат, 1933. – 40 с.
4. Архипов, О.В. Тонкослойный отстойник-фильтр с плавающим фильтрующим слоем переменной высоты [Текст]: дис. ... канд. технических наук: 05.23.04 / Архипов Олег Владимирович. – Харьков: Харьковский гос. технический ун-т строительства и архитектуры, 2001. – 190 с.
5. Аюкаев, Р.И. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды [Текст] / Р.И. Аюкаев, В.З. Мельцер // Справ. Пособие. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1985. – 120 с.
6. Блувиштейн, М.М. Повышение эффективности работы очистных сооружений водопровода [Текст] / М.М. Блувиштейн. – М.: Стройиздат, 1977. – 177 с.
7. Бойчук, С.Д. Опыт продления обеззараживающего действия хлора в условиях длительного транспортирования воды [Текст] / С.Д. Бойчук, Э.Н. Синанов, Л.В. Максимчук, В.А. Мякишев, П.Л. Богуцкий // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. — Симферополь : КАПКС, 2005. – № 8. – С. 129-131.
8. Бойчук, С.Д. Метод раннего выявления тенденций загрязнения источников питьевой воды и предупреждение угрозы здоровью населения [Текст] / С.Д. Бойчук, В.А. Мякишев, Е.Е. Котовская // Вода и водоочистные технологии. Український науково-практичний журнал. — Киев, 2004. – № 4. – С. 19-23.
9. Боровский, Б.И. Математическая модель очистки природной воды в осветлителе установки с плавающей фильтрующей загрузкой с учётом влияния дозы реагента [Текст] / Б.И. Боровский, Е.Е. Котовская // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. — Симферополь : НАПКС, 2012. – № 44. – С. 100-104.
10. Боровский, Б.И. Моделирование влияния дозы реагента на эффективность очистки природной воды в осветлителе установки с плавающим фильтрующим слоем [Текст] / Б.И. Боровский, Е.Е. Котовская // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. — Симферополь : НАПКС, 2012. – № 41. – С. 55-59.
11. Боровский, Б.И. Составление математических моделей очистки промывных вод скорых фильтров водоочистной станции «Петровские скалы» с использованием установки с



плавающим фильтрующим слоем [Текст] / Б.И. Боровский, С.Д. Бойчук, Е.Е. Котовская // Сб. докладов Международного Конгресса "ЭТЭВК – 2009". —Ялта, 2009. С. 97-104.

12. Бурмкулов, Ф.Х. Основы теории вероятностей и математической статистики [Текст] / Ф.Х. Бурмкулов, Е.А. Мировская. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 164 с.

13. Варнелло, В. А. Влияние колебания температуры осветляемой воды на работу очистных сооружений [Текст] / В.А. Варнелло// Водоснабжения и санитарная техника. – 1957. – № 3.

14. Васильева, А.И. Образование тригалогенметанов в процессе водоподготовки на водозаборе г. Уфы [Текст] / А.И. Васильева, Л.Г. Цыпышева, Л.И. Кантор // Водоснабжение и санитарная техника. – 2004. – № 4. – С. 25-28.

15. Веницианов, Е.В. Динамика сорбции из жидких сред [Текст] / Е.В. Веницианов, Р.Н. Рубинштейн // М.: Наука, 1983. – 237 с.

16. Вихтев, Г.В. Очистка воды в комбинированном сооружении осветлитель - фильтр [Текст]: дис. ... канд. технических наук: 05.23.04 / Вихтев Геннадий Васильевич. – Харьков: Харьковский инженерно-строительный институт, 1972. – 174 с.

17. Водозаборно-очистные сооружения и устройства: Учебное пособие для студентов вузов [Текст] / М.Г. Журба, Ю.И. Вдовин, Ж.М. Говорова, И.А. Лушкин. – М.: «Издательство Астрель», 2003. – 569 с.

18. Вознюк, С.Т. Основы научных исследований [Текст] / С.Т. Вознюк, С.М. Гончаров, С.В. Ковалёв. – К.: Вища школа, 1985. – 192 с.

19. Войтов, Е. Л. Очистка маломутных природных вод с высоким содержанием органических соединений для питьевого водоснабжения [Текст]: автореферат дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.04 / Войтов Евгений Леонидович. Иркутск, 2012. – 35 с.

20. Вольфтруб, Л.И. Промышленная реализация высокоэффективных методов модернизации камер хлопьеобразования, отстойников и осветителей [Текст] / Л.И. Вольфтруб, В.М. Корабельников // Экологический вестник России. - 2010. - N 8. - С. 32-35.

21. Ганбаров, Э.С. Безреагентная технология очистки высокомутных вод, содержащих техногенные примеси [Текст]: дис. ... докт. технических наук: 05.23.04 / Ганбаров Эльчин Сурхай оглы. – Москва: ФГУП «НИИ ВОДГЕО», 2006. – 174 с.

22. Гироль, Н.Н. Интенсификация процесса доочистки сточных вод фильтрованием [Текст]: дис. ... доктора технических наук: 05.23.04 / Гироль Николай Николаевич. – Харьков: Харьковский гос. технический ун-т строительства и архитектуры, 1994. – 384 с.

23. Гироль, Н.Н. Характеристика и опытные зависимости процесса фильтрования промывных вод станции очистки питьевых вод [Текст] / Н.Н. Гироль, С.Д. Бойчук,

В.А. Мязишев, Е.Е. Котовская // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. — Симферополь : НАПКС, 2007. — Вып. 18. — С. 171—175.

24. Глоба, Л.И. Качество воды р. Днепр и ее предварительная биологическая очистка [Текст] / Л.И. Глоба, П.И. Гвоздяк, Н.И. Подорван, В.А. Костюк // Химия и технология воды. — 2004. — 26, № 1. — С. 95-105.

25. Гмурман, В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике. — 3-е изд., перераб. и доп. [Текст] / В.Е. Гмурман. — М.: Высш. школа, 1979. — 400 с.

26. Говорова, Ж.М. Водоочистные технологии [Текст] / Ж.М. Говорова. — Вологда, 2004. — 68 с.

27. Говорова, Ж.М. Выбор и оптимизация водоочистных технологий: Монография [Текст] / Ж.М. Говорова. — Вологда-Москва: ВоГТУ, 2003. — 111 с.

28. Говорова, Ж. М. Обоснование и разработка технологий очистки природных вод, содержащих антропогенные примеси [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.04 / Говорова Жанна Михайловна. М.: ФГУП НИИ ВОДГЕО, 2004. — 400 с.

29. Говорова, Ж.М. Интенсификация процессов очистки воды, содержащей антропогенные примеси [Текст] / Ж.М. Говорова // Вода: химия и экология. — Москва: Издательский дом "Вода: химия и экология" — 2012. — №7. — С. 30-38.

30. Говоров, О.Б. Безреагентное кондиционирование железосодержащих подземных вод на биореакторах фильтрах: автореферат дис. ... канд. технических наук: 05.23.04 / Говоров Олег Борисович. — Вологда, 2007. — 18 с.

31. Гончарук, В.В. Концепция выбора перечня показателей и их нормативных значений для определения гигиенических требований и контроля за качеством питьевой воды в Украине [Текст] / В.В. Гончарук // Химия и технология воды. — 2007. — 29, № 4. — С. 297-355.

32. Гончарук, В.В. Состояние источника централизованного водоснабжения и его влияние на качество питьевой воды [Текст] / В.В. Гончарук, Н.А. Клименко, В.Ф. Скубченко, В.В. Медведовский // Химия и технология воды. — 2005. — 27, № 6. — С. 559-589.

33. Гончарук, В.В. Якість питної води у контексті сталого розвитку України [Текст] / В.В. Гончарук // Сб. докладов Международного Конгресса "ЭТЭВК - 2007". — С. 34-40.

34. Гончарук, В.В. Современные проблемы технологии подготовки питьевой воды [Текст] / В.В. Гончарук, Н.А. Клименко, Л.А. Савчина, Т. А. Врубель, И.П. Козятник // Химия и технология воды. — 2005. — 28, № 1. — С. 3-95.

35. Гордин, И.В. Технологические системы водообработки. Динамическая оптимизация [Текст] / И.В. Гордин. — Л.: Химия, 1987. — 264 с.

36. ГОСТ 23268. 12-91. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Метод определения перманганатной окисляемости. – М.: Государственный стандарт союза ССР, 1978 – 4 с.
37. ГОСТ 2761-84. Источники централизованного хозяйственно - питьевого водоснабжения. Гигиенические и технические требования и правила выбора. – М.: Стандартиформ, 2006 – 11 с.
38. ГОСТ Р 57164–2016. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности – М. : Стандартиформ, 2019. – 17 с..
39. ГОСТ Р 51642-2000. Коагулянты для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Общие требования и метод определения эффективности. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2000. – 11 с.
40. Гулян, А.Г. Использование вулканических шлаков и фильтровальных сооружений для очистки питьевой воды [Текст] / А.Г. Гулян // Научные труды АКХ «Водоснабжение». – 1973. – Вып. 98. – С. 114-120.
41. ДБН В.2.5-74:2013. Державні будівельні норми. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди [Текст]. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 172 с.
42. Дезинфектант воды – гипохлорит натрия: производство, применение, экономика и экология: монография / Л.Н. Фесенко, В.В. Денисов, А.Ю. Скрыбин ; под общей редакцией В. В. Денисова. – Ростов-на-Дону : СКНЦ ВШ ЮФУ, 2012. – 246 с.
43. Деклараційний патент на корисну модель № 7595. Прояснювач для очищення води / М.М. Гіроль, С.Д. Бойчук, В.О. Мякішев, О.Є. Котовська, від 16.12.2004 7 В01D21/00, опубл. 15.06.2005, бюл. №6.
44. Деметков, В.В. НПП «СЛАФ» новые возможности в технологических процессах обработки воды [Текст] / В.В. Деметков // Вода и водоочистные технологии. – 2006. – № 3. – С. 52-54.
45. Демчик, И.И. Расчет технологических параметров фильтров с плавающей загрузкой [Текст] / И.И. Демчик, В.О. Орлов, Е.В. Веницианов // Химия и технология воды. – 1994. – №2. – С. 115-118.
46. Драгинский, В.Л. Обеспечение качества питьевой воды в свете новых нормативных требований [Текст] / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексева // Водоснабжения и санитарная техника. – 2004. – № 9 – С. 21-26.
47. Драгинский, В.Л. Коагулянты в технологии очистки природных вод. [Текст] / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексева, С.В. Гетманец. – М.: Наука, 2005. – 576 с.

48. Драгинский, В.Л. Повышение эффективности реагентной обработки воды на водопроводных станциях [Текст] / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева // Водоснабжения и санитарная техника. – 2000. – № 5. – С. 11-14.
49. Жужиков, В.А. Фильтрация: Теория и практика разделения суспензий [Текст] / В.А. Жужиков // 4-е издание, перераб. и доп. М.: Химия, 1980. — 400 с.
50. Журба, М. Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Т. 2. Очистка и кондиционирование природных вод [Текст] / М. Г. Журба, Л. И. Соколов, Ж. М. Говорова. – М.: Издательство АСВ, 2004. – 496 с.
51. Журба, М.Г. Безреагентная очистка воды на фильтрах из пенополистирола [Текст] / М.Г. Журба // Водоснабжения и санитарная техника. – 1971. – № 8 – С. 4-7.
52. Журба, М.Г. Исследование режимов коагулирования вод эвтрофированных водоемов с учетом методов предварительной подготовки воды [Текст] / М.Г. Журба, З.Р. Магомадов. Международный сборник докладов АКВАТЭК – 2006. – С. 504-505.
53. Журба, М. Г. Некоторые закономерности фильтрования воды через зернистую загрузку [Текст] / М.Г. Журба, В.Г. Мошко. // Водные ресурсы. – 1980. – № 3 – С. 187-193.
54. Журба, М.Г. Очистка воды на зернистых фильтрах [Текст] / М.Г. Журба. – Львов: Вища школа, 1980. – 200 с.
55. Журба, М.Г. Пенополистирольные фильтры [Текст] / М.Г. Журба. – М.: Стройиздат, 1992. – 174 с.
56. Журба, М.Г. Применение критериальных уравнений процесса осветления воды в зернистом слое для оптимизации работы водоочистных фильтров [Текст] / М.Г. Журба // Химия и технология воды. – 1986. – 8, № 3 – С. 19-21.
57. Журба М. Г. Фильтры с плавающей загрузкой для сельхоз-водоснабжения [Текст] / М.Г. Журба. – М.: «Колос», 1978 – 118 с.
58. Журба, М.Г. Механизмы фильтрационной очистки воды в зернистом слое. [Текст] / М.Г. Журба // Известия Академии наук Молдавской ССР. Серия физико-технических и математических наук. – 1987. – № 1. – С. 53-58.
59. Журба, М.Г. Прогнозирование работы зернистых водоочистных фильтров. [Текст] / М.Г. Журба, В.Г. Мошко, В.Г. Луценко // Известия Академии наук Молдавской ССР. Серия физико-технических и математических наук. – 1987. – № 1
60. Журба, М.Г. Подготовка питьевой воды из зарегулированных водоисточников с повышенным содержанием органических веществ [Текст] / М.Г. Журба, Ж.М. Говорова, В.А. Куликовский, А.И. Гладкий, З.Р. Магомадов // Водоснабжение и канализация – Москва, 2009. – № 7-8. – С. 43-49.

61. Журба, М.Г. Методология анализа эффективности действующих водоочистных комплексов [Текст] / М.Г. Журба, Ж.М. Говорова // Водопостачання та водовідведення. – Киев, 2009. – № 5. – С. 4-13.
62. Журба, М.Г. Инновационные технологии фильтрования водных суспензий через плавающие полимерные загрузки [Текст] / М.Г. Журба // Водоснабжение и канализация – Москва, 2010. – № 5-6. – С. 47-56.
63. Журба, М.Г. Применение фильтров с плавающей фильтрующей загрузкой при безреагентной очистке природных вод для целей сельскохозяйственного водоснабжения. [Текст] / М.Г. Журба, В.П. Приходько, В.Г. Мошко // Мелиорация и водное хозяйство СССР, ЦБНТИ. Серия 3, Обводнение и сельскохозяйственное водоснабжение. – 1985. – № 6. – С. 1-5.
64. Журба, М.Г. Физико-химические аспекты процессов очистки маломутных цветных вод в слое взвешенного осадка. Часть 1. [Текст] / М.Г. Журба // Вода: химия и экология. — Москва: Издательский дом "Вода: химия и экология" – 2012. – №9. – С. 23-31.
65. Журба, М.Г. Физико-химические аспекты процессов очистки маломутных цветных вод в слое взвешенного осадка. Часть 2. [Текст] / М.Г. Журба // Вода: химия и экология. — Москва: Издательский дом "Вода: химия и экология" – 2012. – №9. – С. 28-34.
66. Запольский, А.К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: свойства, получение, применение [Текст] / А.К. Запольский, А.А. Баран. – Л.: Химия, 1987. – 208 с.
67. Зотов, Н.И. К вопросу о хлорировании с аммонизацией воды из поверхностных источников [Текст] / Н.И. Зотов. // Водопостачання та водовідведення. – 2009. – № 5 – С. 14-19.
68. Ильин, В.Г. Очистка воды от фитопланктона на пенополистирольных фильтрах [Текст] / В.Г. Ильин, М.Г. Журба, П.Г. Луценко, Н.Г. Якимчук. // Гидротехника и мелиорация – Киев, Будивельник – 1975. – № 1. – С. 95-98.
69. Кантор, Л.И. Количественная оценка эффективности водоподготовки по показателю окисляемости [Текст] / Л.И. Кантор, А.В. Харабрин // Водоснабжения и санитарная техника. – 2004. – № 4. – С. 41-44.
70. Кичигин, В.И. Моделирование процессов очистки воды: Учебное пособие [Текст] / В.И Кичигин – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 230 с.
71. Клячко, В.А. Подготовка воды для промышленного и городского водоснабжения [Текст] / В.А Клячко, И.Э. Апельцин – М.: Госстройиздат, 1962. – 819 с.
72. Книгина, Е.И. Новые фильтрующие материалы из отходов угледобывающей промышленности [Текст] / Е.И. Книгина, А.М. Фоминых, А.И. Полевский // Водоснабжение и санитарная техника. – 1968. – № 10 – С. 15-17.
73. Колесник, А.Р. Гипохлорит натрия в водоподготовке [Текст] / А.Р. Колесник // Водопостачання та водовідведення. – 2008. – № 1 – С. 40-43.

74. Колотов, Н.И. Осветлитель системы ВНИИГС, труды Поволжской конференции, 1957 г.
75. Колотов, Н.И. Эксплуатация осветителей со взвешенным фильтром. Жилищно-коммунальное хозяйство №3, 1954 г.
76. Константинов, Ю.М. Гидравлика: учебник [Текст] / Ю.М. Константинов. – К.: Вища шк., 1988 – 398 с.
77. Копылов, А.С. Процессы и аппараты передовых технологий водоподготовки и их программированные расчеты: учебное пособие для вузов [Текст] / А.С. Копылов, В.Ф. Очков, Ю.В. Чудова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 222 с.
78. Котовская, Е.Е. Гидрохимическая оценка качества воды водохранилища "Межгорное" и оптимизация технологии водоподготовки [Текст] / Е.Е. Котовская // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. — Симферополь : НАПКС. — 2006. – № 13-14 – С. 186-188.
79. Котовская, Е. Е. Трансформация органических веществ в воде поверхностных источников централизованного водоснабжения и методы их удаления [Текст] / Е.Е. Котовская // Сборник материалов II Всеукраинской молодежной научной конференции «Вода-источник жизни на Земле». – Луганск, 2008. – С. 84-87.
80. Котовская, Е.Е. Определение оптимальных доз коагулянта ПолиДАДМАХ при очистке природных вод в системе централизованного водоснабжения [Текст] / Е.Е. Котовская // Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. — Симферополь : НАПКС – 2009. – Вып. 27. – С. 87-92.
81. Котовская, Е.Е. Анализ эффективности работы водопроводных очистных сооружений по органическим загрязнениям [Текст] / Е.Е. Котовская / Строительство и техногенная безопасность. Сб. науч. трудов. — Симферополь : НАПКС, 2011. — Вып. 37. — С. 122—130.
82. Котовская, Е.Е. Математическая модель очистки природной воды в установке с плавающей фильтрующей загрузкой с учётом влияния дозы реагента в осветлителе [Текст] / Е.Е. Котовская // Науковий вісник будівництва. Зб наук. праць. – Харків. – 2012. – Вип. 70 – С. 301-307.
83. Котовская, Е.Е. Эффективность работы водопроводных очистных сооружений г. Симферополя по удалению органических загрязнений [Текст] / Елена Котовская // MOTROL. — Commission of motorization and energetics in agriculture : Polish Academy of sciences. – Lublin, 2012. – Vol. 14D. – P. 193-200.

84. Котовская, Е.Е. Методика оценки степени очистки воды поверхностных источников централизованного водоснабжения от органических загрязнений [Текст] / Е.Е. Котовская // Науковий вісник будівництва. Зб наук. праць. – Харків. – 2013. – Вип. 71. – С. 402-409.
85. Котовская, Е.Е. Сравнение экономической эффективности различных коагулянтов при очистке природных вод [Текст] / Е.Е. Котовская // Строительство и техногенная безопасность. — Симферополь: Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского – 2016. – №5(57). – С. 62-66.
86. Котовская, Е.Е. Оценка качественных показателей источников централизованного питьевого водоснабжения г. Симферополя и их влияния на технологию очистки [Текст] / Е.Е. Котовская // Строительство и техногенная безопасность. — Симферополь: Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского – 2017. – №7(59). – С. 73-81.
87. Кривоносов, В.И. Работа осветлителей ВНИИГС и ЦНИИ в условиях г. Горького. Труды ГИСИ, 1959 г.
88. Кривоносов, В.И. Сравнительные исследования работы осветлителей со взвешенным фильтром различной конструкции [Текст] / В. И. Кривоносов // Водоснабжение и санитарная техника — Москва, 1960. — №10.
89. Кульский, Л.А. Проектирование и расчет очистных сооружений водопроводов [Текст] / Л.А. Кульский, М.Н. Булава, И.Т. Гороновский, П.И. Смирнов. – К.: «Будівельник», 1972. – 424 с.
90. Кульский, Л.А. Справочник по свойствам методам анализа и очистки воды в 2-х частях [Текст] / Л.А. Кульский, И.Т. Горановский, Л.М. Когановский, М.А. Шевченко. – К.: Наукова думка, 1980. – 1205 с.
91. Кульский, Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды [Текст] / Л.А. Кульский – К.: Наукова думка, 1980. – 564 с.
92. Кульский, Л.А. Химия и микробиология воды. Практикум [Текст] / Л.А. Кульский, Т.М. Левченко, М.В. Петрова. – К.: Вища школа, 1976, 116 с.
93. Кургаев, Е.Ф. Новые высокоэффективные осветлители [Текст]. Техника железных дорог №5, 1952 г.
94. Кургаев, Е.Ф. Основы теории и расчета осветлителей [Текст] / Е.Ф. Кургаев – М.: Госстройиздат, 1962. – 164 с.
95. Линник, П.Н. Причины ухудшения качества воды в Киевском и Каневском водохранилищах [Текст] // Химия и технология воды. – 2003. – 25, № 4 – С. 384-403.
96. Мартенсен, В.Н. Дробленый керамзит – новый фильтрующий материал для водоочистных фильтров [Текст] / В.Н. Мартенсен, Р.И. Аюкаев — Куйбышев : КуИСИ, 1976. – 168 с.

97. МДС 40-3.2000. Методические рекомендации по обеспечению выполнения требований санитарных правил и норм СанПиН 2.1.4.559-96 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества [Текст]. – Госстрой России - М.: ГУП "ВИМИ", 2000 год. – 47 с.

98. Мезенева, Е.А. Совершенствование водозаборно-очистных сооружений фильтрующего типа [Текст]: автореферат дис. ... канд. технических наук: 05.23.04 / Мезенева Елена Анатольевна. – Нижний Новгород, 1993. – 23 с.

99. Мельцер, В.З. Изменение геометрических и гидравлических характеристик зернистой среды при ее заиливании [Текст] / В.З. Мельцер // Научные труды АКХ им К. Д. Памфилова. Водоснабжение – М.: ОНТИ АКХ им К.Д. Памфилова, 1970 – №7. Вып. 117. – С. 23-35.

100. Мельцер, В.З. Исследование пористости зернистых фильтрующих материалов [Текст] / В.З. Мельцер // Научные труды АКХ «Водоснабжение». Вып. 38, 1973. – С. 97-99.

101. Минц, Д.М. Гидравлика зернистых материалов [Текст] / Д.М. Минц, С.А. Шуберт // М.: Изд-во МКХ, 1955. – 111 с.

102. Минц, Д.М. Теоретические основы технологии очистки воды [Текст] / Д.М. Минц // – С.: Стройиздат, 1964. – 155 с.

103. Миркис, И.М. Экономичность крупногабаритных осветлителей [Текст] / И.М. Миркис // Водоснабжение и санитарная техника — Москва, 1960. — №1.

104. Мягкий, Д.Д. Очистка сточных вод прокатных станов методом фильтрования [Текст] // Промэнергетика, 1976. - №5. – С. 29–31.

105. Мягкий, Д.Д. Очистка сточных вод станов горячего проката в опытно-промышленном фильтре с плавающей загрузкой [Текст]/ Д.Д. Мягкий, С.И. Мороз // Водоснабжение и санитарная техника — Москва, 1977. – №1. – С. 19-21.

106. Николадзе, Г.И. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения: Учебное пособие по специальности «Водоснабжение и канализация» для вузов, 2-е издание, переработанное и дополненное [Текст]/ Г.И. Николадзе – М.: Высшая школа, 1984, - 368 с.

107. Оводов, В.С. Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение [Текст] / В.С. Оводов. – М.: Колос, 1989. – 480 с.

108. Орлов, В.О. Водоочисні фільтри з зернистою засипкою [Текст] / В.О. Орлов – Рівне: НУВГП, 2005. 163 с.

109. Орлов, В.О. Інтенсифікація роботи водоочисних споруд сільськогосподарських групових водопроводів [Текст]: дис. ... доктора технічних наук: 05.23.04 / Рівне, 1995. — 370 с.

110. Орлов, В.О. Реконструкція станції знезалізнення [Текст] / В.О. Орлов, С.Ю.Мартинов, А.М. Орлова, та ін. // Науковий вісник будівництва. Зб наук. праць. – Харків, 2010. – Вип. 60. – С. 296-300.



111. Пат. 45093 Украина, МПК С02F 1/00, В01D 25/00. Установка для очистки воды [Текст] / Котовская Е.Е., заявитель и патентообладатель НАПКС. - № u200905184, заявл. 25.05.2009 г.; опубл. 26.10.2009 г., Бюл. №20 – с. : ил.

112. Пат. 2307075 Российская Федерация, МКИ С02F 1/52. Устройство для очистки воды [Текст] / Войтов Е.Л., Сколубович Ю.Л. ; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин). – : № 2005133914/15 : заявл. 11.02.2005 : опубл. 27.09.2007, Бюл. № 27. 6 с. : ил.

113. Пат. 1119987 СССР: МПК В01D21/08, В01D36/04, С02F1/52. Установка для очистки воды [Текст] / Корабельников В. М., Мельцер В. З, Криштул В. П., Вольфтруб Л. И. ; заявитель и патентообладатель НИИ КВОВ АКХ им. Памфилова № 32344839/23-26 : заявл. 13.01.1981; опубл. 23.10.1984 Бюл. № 39 – 4 с: ил.

114. Пат. № 2339425 Российская Федерация, МПК В01D21/08/ Осветлитель – фильтр [Текст]: /Журба М. Г., Говорова Ж. М., Говоров О. Б. ; заявитель и патентообладатель Москва, Общество с ограниченной ответственностью Научно-технический центр "Фонсвит". № 2007117918/15 заявл. 15.05.2007; опубл. 27.11.2008, Бюл. № 33.– 8 с. : ил.

115. Пашенко, А.Г. Использование биоцидного реагента комплексного действия для водоподготовки [Текст] / А.Г. Пашенко, В.Ф. Мариевский, А.И. Баранова, Т.Ю. Нижник, В.А. Зерний // С. 162—165.

116. Педашенко, Д.Д. Обработка воды реагентами ПолиДАДМАХ и «Аква-Аурат™10» для водоснабжения г. Ростова-на-Дону [Текст] / Д.Д. Педашенко, Л.Н. Божко // Водоснабжения и санитарная техника– 2005. – № 10 ч.2. – С. 21-23.

117. Пособие по проектированию сооружений для очистки воды (к СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения)/ НИИ КВОВ АКХ им. К.Д. Памфилова. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 128 с.

118. Прейсман, В.И. Основы надежности сельскохозяйственной техники. 2-е изд., доп. и перераб. [Текст] / В.И. Прейсман – К.: Выща шк. Головное изд-во, 1988. – 247 с.

119. Родина, А.О. Обоснование расчетных показателей качества поверхностных вод при выборе водоочистных технологий с применением теории риска [Текст]: автореферат дис. ... канд. технических наук: 05.23.04 / Родина Алла Олеговна. – Вологда, 2004. – 19 с.

120. Романов, Г.А. Опыт применения осветлителей ВНИИГС для осветления коагулированной воды [Текст]. Сборник трудов ВНИИГС, №11, 1959.

121. Романов, Г.А. Очистка сильно мутных вод на осветлителях ВНИИГС [Текст] / Г.А. Романов // Водоснабжение и санитарная техника – Москва, 1964. – №4.

122. Романов, Г.А. Расчет осветлителей с дырчатым днищем [Текст] / Г.А. Романов // Водоснабжение и санитарная техника – Москва, 1959. – №11.

123. Руководство по контролю качества питьевой воды, 1994: Рекомендации. – Женева: ВОЗ, - Т1-255 с.

124. СанПиН 2.1.4.1074-01. Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения [Текст]. – М.: Минздрав России, 2002. – 111 с.

125. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / М.: Госстрой СССР. — М.: Стройиздат, 1985 – 136 с.

126. СП 31.13330.2012. Свод правил. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения [Текст]. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84\*. – Введ. 2013-01-01. – М.: Минрегион России, 2012. – 124 с.

127. Сколубович, Ю.Л. Моделирование нестационарных характеристик движения частиц контактной массы в реакторе - осветлителе [Текст] / Ю.Л. Сколубович, М.С. Соппа, Н.В. Синеева // Известия высших учебных заведений. Строительство – 2015. – №7(679). – С. 38-43.

128. Сколубович, А.Ю. Разработка технологии очистки маломутных высокоцветных вод поверхностных источников для питьевого водоснабжения [Текст]: автореферат дис. ... канд. технических наук: 05.23.04 / Сколубович Алексей Юрьевич. – Иркутск, 2010. – 17 с.

129. Соппа, М.С. Численное моделирование движения частиц контактной массы в реакторе - осветлителе [Текст] / М.С. Соппа, Ю.Л. Сколубович, Н.В. Синеева, А.Е. Крутков // Строительство и техногенная безопасность. — Симферополь: Труды НГАСУ. – Новосибирск, 2015. – Т. 18. – №2 (60).

130. Справочник по оборудованию буровых скважин обсыпными фильтрами [Текст] / Ю.В. Пятикоп, И.Н. Бандырский, В.Д. Дяченко, В.В. Сенченко.— М.: Колос, 1983.— 96 с., ил.

131. Стрелков, А.К. Определение эффективности очистки воды поверхностных источников централизованного водоснабжения от органических загрязнений на примере г. Симферополя [Текст] / А.К. Стрелков, Е.Е. Котовская, С.Ю. Теплых // Градостроительство и архитектура. — Самара: Самарский государственный технический университет – 2017. – №3(28). – С. 35-45.

132. Стрикаленко, Т.В. К анализу проблемы внедрения новых технологий обеззараживания воды [Текст] / Т.В. Стрикаленко // Водопостачання та водовідведення. – 2009. – № 1. – С. 35-42.

133. Тетеркин, Е.Н. Водоумягчительная установка, авторское свидетельство, класс 85-Б I 01, СССР, №68848, заявлено в 1947 г. опубликовано в 1947 г.
134. Тетеркин, Е.Н. Диффузор-осветлитель системы автора [Текст] / Е.Н. Тетеркин // Водоснабжение и санитарная техника – Москва, 1938.
135. Тетеркин, Е.Н. Испытание диффузора в вертикальном отстойнике на очистной станции ТЭЦ Саратовского крекинг – завода [Текст] / Е. Н. Тетеркин // Водоснабжение и санитарная техника — Москва, 1938. — №8,9.
136. Тетеркин, Е.Н. Новый метод осветления промышленных вод [Текст]. «Сталь» №2, 1948.
137. Тетеркин, Е.Н. Осветление мутных вод [Текст] / Е. Н. Тетеркин, Лебедев // Сталь – Москва, 1951. – №12.
138. Тимченко, З.В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма [Текст] /З.В. Тимченко – Симферополь: ДОЛЯ, 2002. – 152 с.
139. Тихонова, Е.А. Использование органических коагулянтов для подготовки питьевой воды [Текст] / Е.А Тихонова, А.С. Усачева // Водоснабжение и санитарная техника – Москва, 2004. – №4, часть 2. – С. 33–34.
140. Трякина, А.С. Обоснование расчетных показателей качества воды при выборе рациональной схемы водоочистных сооружений [Текст]: автореферат дис. ... канд. технических наук: 05.23.04 / Трякина Алена Сергеевна. – Макеевка: ДонНАСА, 2017. – 19 с.
141. Устойчивый Крым. Водные ресурсы [Текст] / В.С. Тарасенко, Б.И. Боровский, З.В. Тимченко и др. – Симферополь: «Таврида», 2003. – 413 с.
142. Фоминых, А.М. Гидравлические и технологические свойства фильтрующих материалов из дробленных горелых пород [Текст] / А.М. Фоминых, А.Д. Артеменок // Научные труды АКХ «Водоснабжение». Вып. 38, 1973. — С. 121-125.
143. Фоминых, А.М. Производственные испытания новых фильтрующих материалов при очистке питьевой воды [Текст] / А.М. Фоминых, А.Д. Артеменок, В.А. Мякишев // Водоснабжение и санитарная техника – Москва, 1970. – №3. – С. 37-38.
144. Фрог, Б.Н. Водоподготовка: Учебное пособие для вузов [Текст] / Б.Н. Фрог - М.: Издательство МГУ, 2001. – 680 с.
145. Чеботарева, Р.Д. Электрокаталитическая деструкция гуминовых кислот в процессах водоподготовки [Текст] / Р.Д. Чеботарева, С.Ю. Баштан, В.В. Гончарук // Химия и технология воды. – 23, №5, 2001. – С. 501-509.
146. Чувилин, В.Н. Повышение барьерной роли водопроводных очистных сооружений г. Самары [Текст]/ В.Н. Чувилин, А.К. Стрелков, П.Г. Быкова, А.Д. Смирнов // Водоснабжение и санитарная техника – Москва, 2006. – №9, часть 2. – С. 9-12.

147. Шабратько, В.К. Об эффекте механической очистке сточных вод на фильтрах с двухслойной плавающей загрузкой [Текст] / В.К. Шабратько // Водоснабжение, канализация, гидротехнические сооружения – Киев, Будивельник 1972. – Вып. 15. – С. 60 - 63.
148. Шехтман, Ю.М. Фильтрация малоцентрированных суспензий [Текст] / Ю.М. Шехтман. – М.: Изд-во АН СССР, 1961 – 211 с.
149. Эпоян, С.М. Математическая модель работы многослойного фильтра с горизонтальным направлением фильтрации [Текст] / С.М. Эпоян, А.С. Карагяур, В.В. Паболков // Науковий вісник будівництва. Зб наук. праць. — Харків, 2012. – Вип. 69. – С. 303–307.
150. Alawi, M.A. Determination of trihalomethanes produced through the chlorination of water as a function of its humic acid content. / M.A. Alawi, F. Khalill, I. Sahili // Arch. environ. contam. toxicol. 1994, №26.
151. Buffle, J. Complexation reactions in aquatic systems an analytical approach. – New-York: Ellis Horwood Limited, 1988. – 692 p.
152. Casey, T.J. Aspects of TGM formation in drinking – water / T.J. Casey, K.H. Chua // Journal Water SRT-Aqua. 1997 V 46, №1.
153. Deb, A.K. Theory of sand filtration / A.K. Deb // J. San. Eng. Div. – 1969. – №6. – P. 399–422.
154. Directive 2000/60/ES of the European Parliament and the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Commute action in the field of water policy. Official Journal of the European Communities 22.12.2000, EN, L, 327/1.
155. Do J.-S., Yeh W. –C. // J. Appl. Electrochem. – 1996. – 26, №6. – P. 673-678.
156. Escobar I. C. Randall A. A. // Water Res. – 2001. – 35, №18. – P. 4444-4454.
157. Hazen A. / On sedimentation. — Trans. Amer. Soc. Civ. Eng. 1904. V. 53. №45.
158. Ives, K.J. Filtration the significance of theory / K.J. Ives // J. Inst. Waier Eng. – 1971. – 1940. – 25 N1. – P. 13–62.
159. Jawecki B., Sanetra A., Malczewska B., 2010. Ochrona wod w programowaniu ochrony srodowiska gminy Nowogrodziec. Teka Kom. Ochr. Kszt. Srod. Przyt., 7, P. 109-118.
160. Kool H.J., 1982. Environ. Health Respect. - V. 46. — P. 207-214.
161. Le Curieux, Gauthier L, Erb F., Mazzin D. 1996 // Environ.Mutagen. and Relat. Subj. — 360, N3. — P. 216-217.
162. Marhaba T.F. Van D., Lippnicott R.L. // Ozone sci. eng. – 2000. – 21. – P. 249-266.
163. Maurice P.A., Pullin M.I., Cabaniss S.E. et al. // Water Res. – 2002. – 36, №9. – P. 2355-2371.
164. Mazur A., 2010. Wpływ zbiornika wstepnego na jakość wód powierzchniowych zasilajacych zbiornik wodny “Nielisz”. Teka Kom. Ochr. Kszt. Srod. Przyt., 7, 243-250.

165. Nissinen T. K., Meittinen I. T. Martikainen P. I., Vartiainen T. I.// *Chemosphere.* – 2001. – 45. – P. 865-873.
166. Patro M, Zubala T., 2010. Znaczenie i zagrożenia zbiornicka wodnego w miejskim zespole pałacowo-parkowym w Pulawach. *Teka Kom. Ochr. Kszt. Srod. Przyt.*, 7, 297-304.
167. Reckhow, D.A. Chlorination by- products in drinking waters: from formation potentials to finished water concentrations/ D. A. Reckhow, P. C. Singer // *Journal AWWA.* 1990 april.
168. Schenck R., Lykins B., Wymer L., 1998. *Environ. and Mol. Mutagenes.* 31, Suppl. № 29. – P. 36.
169. Singer, P.C. Correlations between trihalomethanes and total organic halides formed during water treatments. / P. C. Singer, S. D. Chany // *Journal AWWA.* 1989 august.
170. Stevens, A.A. Formation and control of Non- trihalomethane disinfection by- products. / A.A. Stevens, L.A. Moore, R.I. Miltner // *Journal AWWA.* 1989 august.
171. Swietlik I., Dabrowska A., Raczyk-Stanislawiak U., Nawrocki I. / *Water Res.* – 2004. – 38, №9. – P. 547-558.
172. Weinberg H. // *Anal. Chem.* – 1999. №10. – P. 801 A-808A.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА ВОДЫ В  
ВОДОХРАНИЛИЩАХ РК КРЫМ И В РЧВ (ПОСЛЕ ОЧИСТКИ)**

Таблица А.1.1 - Данные анализов воды из Симферопольского водохранилища

| Дата    | Температура, °С | Цветность, град ПКШ | Мутность, мг/дм <sup>3</sup> | рН        | Аммоний солевой, г/дм <sup>3</sup> | Нитриты, мг/дм <sup>3</sup> | Нитраты, мг/дм <sup>3</sup> | Окисляем ость, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | Хлориды, мг/дм <sup>3</sup> | Железо (Fe), мг/дм <sup>3</sup> | Щёлочность, моль/дм <sup>3</sup> | Коли-индекс, клеток/дм <sup>3</sup> |
|---------|-----------------|---------------------|------------------------------|-----------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1       | 2               | 3                   | 4                            | 5         | 6                                  | 7                           | 8                           | 9  | 10                          | 11                              | 12                               | 13                                  |
| 01.2000 | 2,0-4,0         | 10,0-25,0           | 2,50-12,50                   | 7,90-8,10 | 0,03-0,23                          | 0,0025-0,1500               | 3,00-15,50                  | 1,92-4,00  | 14,00-17,60                 | 0,07-0,16                       | 2,80-4,60                        | 363                                 |
| 02.2000 | 3,0             | 10,0-20,0           | 2,10-11,00                   | 7,80-8,20 | 0,05-0,25                          | 0,0025-0,009                | 8,25-8,80                   | 2,24-4,64  | 14,47-20,40                 | 0,05-0,18                       | 3,90-4,30                        | 608                                 |
| 03.2000 | 3,0-4,0         | 10,0-15,0           | 2,00-6,00                    | 8,10-8,50 | <0,05-0,25                         | 0,003-0,007                 | 5,50-11,00                  | 2,56-4,64  | 19,6-20,60                  | 0,02-0,15                       | 4,00-4,50                        | 519                                 |
| 04.2000 | 4,0-6,0         | 10,0-15,0           | 3,75-2,50                    | 8,05-8,50 | 0,04-0,09                          | 0,005-0,010                 | 10,80-11,00                 | 2,82-4,24  | 19,77-23,40                 | 0,12-0,15                       | 4,00-4,30                        | 1682                                |
| 05.2000 | 6,0-9,0         | 10,0-15,0           | 1,00-2,75                    | 7,85-8,30 | 0,04-0,10                          | 0,065-0,100                 | 8,80-10,50                  | 2,88-3,44  | 17,82-20,60                 | 0,12-0,24                       | 4,00-4,40                        | 391,                                |
| 06.2000 | 8,0-11,0        | 10,0                | 1,00-1,50                    | 7,80-7,90 | 0,075-0,15                         | 0,009-0,015                 | 8,80-10,00                  | 2,96-5,68  | 18,08-23,76                 | 0,16-0,20                       | 4,00-4,40                        | 2228                                |
| 07.2000 | 10,0-14,0       | 7,5-17,5            | 1,00-1,25                    | 7,80-8,10 | 0,10-0,21                          | 0,008-0,016                 | 8,80                        | 3,36-8,56  | 16,60-27,90                 | 0,01-0,16                       | 3,50-4,40                        | 2532                                |
| 08.2000 | 11,0-13,0       | 10,0                | 2,25-2,50                    | 7,70-8,00 | 0,075-0,30                         | 0,002-0,190                 | 7,70-8,80                   | 3,92-8,56  | 15,99-20,46                 | 0,06-0,10                       | 4,10-4,40                        | 772,5                               |
| 09.2000 | 10,0-13,0       | 10,0-15,0           | 2,25-5,00                    | 7,80-8,00 | 0,17-0,400                         | 0,009-0,030                 | 4,40-6,16                   | 3,36-4,56  | 15,81-18,60                 | 0,01-0,40                       | 3,20-4,20                        | 1402                                |
| 10.2000 | 11,0-12,0       | 5,0-15,0            | 2,25-4,00                    | 8,20-8,80 | <0,05-0,25                         | <0,003-0,013                | 3,80-4,40                   | 2,56-4,64  | 18,20-18,41                 | 0,13-0,30                       | 3,00-3,20                        | 4500                                |
| 11.2000 | 10,0-11,0       | 10,0                | 3,25-1,50                    | 8,20-8,60 | 0,075-0,075                        | 0,009-0,0125                | 3,80-5,50                   | 2,00-3,10  | 12,00-21,85                 | 0,05-0,15                       | 3,00-3,50                        | 10500                               |
| 12.2000 | 5,0-10,0        | 10,0                | 1,25-2,50                    | 8,30-8,70 | 0,025-0,125                        | 0,010-0,010                 | 2,75-5,50                   | 2,96-3,44  | 19,00-19,38                 | 0,09-0,12                       | 2,60-3,20                        | 1724                                |
| 01.2001 | 5,0-8,0         | 10,0                | 1,00-2,50                    | 8,50-8,70 | <0,05-0,125                        | 0,009-0,010                 | 2,20-5,50                   | 2,96-4,96  | 19,0-22,8                   | <0,05-0,10                      | 2,60-3,20                        | 4000                                |
| 02.2001 | 6,0             | 10,0                | 1,50-3,00                    | 8,60-8,70 | <0,05-0,05                         | 0,003-0,010                 | 2,75-5,50                   | 2,32-4,96  | 19,0-22,0                   | 0,08-0,12                       | 3,10-3,20                        | 3000                                |
| 03.2001 | 6,0-7,0         | 10,0                | 2,25-4,75                    | 8,10-8,70 | 0,05                               | <0,003-0,0065               | 3,30-5,50                   | 3,76-4,80  | 20,0-20,2                   | 0,05-0,12                       | 3,10-3,30                        | 1818                                |
| 04.2001 | 6,0-7,0         | 10,0                | 2,50-5,50                    | 8,00-8,10 | 0,05-0,175                         | <0,003-0,008                | 3,30-5,50                   | 2,16-4,16  | 19,6-20,2                   | 0,07-0,30                       | 3,30-3,40                        | 451                                 |
| 05.2001 | 7,0-9,0         | 10,0                | 2,50-4,50                    | 7,50-8,20 | 0,05-0,175                         | 0,0055-0,0075               | 4,95-5,50                   | 2,96-4,24  | 19,6-20,2                   | 0,10-0,30                       | 3,40-3,50                        | 480,5                               |
| 06.2001 | 9,0-12,0        | 10,0-15,0           | 1,50-10,00                   | 7,45-7,50 | 0,05-0,35                          | 0,0055-0,0105               | 2,86-4,96                   | 3,76-6,00  | 17,4-20,4                   | 0,12-0,32                       | 3,30-3,60                        | 2727                                |
| 07.2001 | 12,0-17,0       | 10,0                | 1,75-4,00                    | 7,35-7,50 | 0,05-0,15                          | <0,003-0,011                | 2,20-5,50                   | 2,96-4,00  | 16,0-18,0                   | 0,08-0,18                       | 3,50-3,60                        | 909                                 |
| 08.2001 | 17,0-18,0       | 10,0                | 2,00-3,50                    | 7,50-7,60 | 0,08-0,15                          | 0,0075-0,010                | 3,30-5,50                   | 3,76-4,16  | 16,0-20,2                   | 0,08-0,18                       | 2,70-3,50                        | 4000                                |
| 09.2001 | 17,0-18,0       | 10,0                | 2,00-5,00                    | 7,50-8,00 | 0,07-0,15                          | 0,0075-0,0145               | 4,40                        | 3,92-6,16  | 18,4-20,2                   | 0,08-0,13                       | 2,70                             | 3000                                |
| 10.2001 | 11,0-17,0       | 10,0                | 2,00-4,50                    | 7,70-7,80 | 0,10-0,125                         | 0,010-0,0125                | 2,75-3,3                    | 3,52-4,56  | 19,6-20,2                   | 0,10-0,14                       | 2,70-2,80                        | 3000                                |
| 11.2001 | 8,0-11,0        | 10,0                | 2,00-4,50                    | 7,60-7,90 | 0,075-0,11                         | 0,010-0,014                 | 2,75-4,95                   | 2,96-4,40  | 18,4-20,0                   | 0,04-0,11                       | 2,70-3,40                        | 2182                                |
| 12.2001 | 4,0-8,0         | 10,0-15,0           | 2,00-12,00                   | 7,20-8,00 | 0,075-0,2                          | 0,008-0,014                 | 2,20-8,80                   | 3,20-4,72  | 18,0-21,2                   | 0,04-0,18                       | 3,10-3,20                        | 314                                 |
| 01.2002 | 3,0-4,0         | 10,0-25,0           | 3,50-27,00                   | 7,20-7,60 | 0,11-0,25                          | 0,010-0,012                 | 2,75-5,50                   | 3,12-4,80  | 18,0-24,0                   | 0,15-0,22                       | 3,40-3,60                        | 1000                                |

Продолжение таблицы А.1.1

| 1           | 2             | 3             | 4              | 5             | 6                 | 7                 | 8              | 9             | 10            | 11             | 12        | 13    |
|-------------|---------------|---------------|----------------|---------------|-------------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-----------|-------|
| 02.<br>2002 | 4,0-<br>5,0   | 10,0-<br>15,0 | 2,50-<br>5,50  | 7,50-<br>7,60 | 0,05-<br>0,175    | 0,005-0,011       | 2,75-<br>6,60  | 3,36-<br>5,73 | 16,0-<br>18,8 | 0,09-<br>0,16  | 3,40-3,60 | 412   |
| 03.<br>2002 | 5,0-<br>9,0   | 10,0-<br>40,0 | 2,50-<br>104,0 | 7,40-<br>7,80 | <0,05-<br>0,175   | 0,0035-<br>0,0085 | 4,40-<br>6,60  | 2,16-<br>6,16 | 15,6-<br>20,0 | 0,06-<br>0,15  | 3,40-3,70 | 118   |
| 04.<br>2002 | 7,0-<br>9,0   | 15,0-<br>20,0 | 3,75-<br>10,00 | 7,45-<br>8,10 | 0,07-<br>0,10     | 0,004-0,016       | 3,30-<br>5,50  | 2,16-<br>5,50 | 14,0-<br>20,0 | 0,12-<br>0,24  | 3,30-3,70 | 2883  |
| 05.<br>2002 | 7,0-<br>12,0  | 10,0-<br>15,0 | 2,05-<br>5,50  | 7,60-<br>7,90 | 0,05-<br>0,10     | 0,013-0,016       | 4,07-<br>6,60  | 2,32-<br>4,88 | 13,2-<br>14,2 | 0,10-<br>0,13  | 3,50-3,80 | 3243  |
| 06.<br>2002 | 11,0-<br>14,0 | 7,5-10,0      | 1,50-<br>7,00  | 7,40-<br>7,90 | <0,05-<br>0,075   | 0,0035-<br>0,019  | 3,30-<br>4,40  | 2,96-<br>4,88 | 11,2-<br>15,2 | 0,10-<br>0,14  | 3,30-3,60 | 510   |
| 07.<br>2002 | 15,0-<br>20,0 | 10,0          | 2,25-<br>7,50  | 7,50-<br>7,70 | <0,05-<br>0,23    | 0,0035-<br>0,019  | 3,30-<br>5,50  | 2,96-<br>5,12 | 12,4-<br>19,0 | 0,12-<br>0,30  | 3,20-3,40 | 686   |
| 08.<br>2002 | 19,0-<br>21,0 | 10-15,0       | 2,00-<br>22,00 | 7,50-<br>8,00 | 0,13-<br>0,26     | 0,0035-<br>0,045  | 1,54-<br>3,85  | 3,20-<br>4,88 | 11,4-<br>16,6 | 0,12-<br>0,60  | 3,00-3,30 | 529   |
| 09.2002     | 19,0-<br>20,0 | 10,0          | 2,50-<br>8,00  | 7,80-<br>8,20 | 0,07-<br>0,30     | 0,008-0,020       | 1,10-<br>2,20  | 2,56-<br>5,20 | 14,0-<br>15,0 | 0,12-<br>0,26  | 2,70-3,10 | 5455  |
| 10.<br>2002 | 12,0-<br>18,0 | 10-15,0       | 3,25-<br>25,00 | 7,90-<br>8,20 | 0,05-<br>0,15     | 0,0035-<br>0,0185 | 1,43-<br>4,40  | 2,72-<br>5,52 | 14,4-<br>14,0 | 0,13-<br>0,24  | 2,80-3,00 | 6000  |
| 11.<br>2002 | 9,0-<br>12,0  | 10,0          | 2,50-<br>9,00  | 8,10-<br>8,40 | <0,05-<br>0,13    | 0,0115-<br>0,022  | 2,20-<br>4,40  | 1,68-<br>3,60 | 13,0-<br>14,4 | 0,12-<br>0,44  | 2,90-3,70 | 14545 |
| 12.2002     | 2,0-<br>9,0   | 10,0          | 2,00-<br>6,00  | 8,10-<br>8,50 | <0,05-<br>0,10    | 0,0115-<br>0,020  | 3,85-<br>6,05  | 3,36-<br>5,20 | 12,4-<br>16,4 | 0,06-<br>0,12  | 3,60-3,80 | 818   |
| 01.<br>2003 | 3,0-<br>4,0   | 10,0-<br>15,0 | 2,00-<br>18,00 | 8,00-<br>8,80 | 0,065-<br>0,100   | 0,011-0,075       | 3,85-<br>6,60  | 3,12-<br>5,20 | 13,6-<br>15,6 | 0,07-<br>0,14  | 3,08-4,00 | 118   |
| 02.<br>2003 | 2,0-<br>4,0   | 10,0-<br>15,0 | 5,00-<br>18,00 | 8,00-<br>8,55 | 0,050-<br>0,125   | 0,011-0,017       | 3,85-<br>7,15  | 2,16-4,4      | 13,6-<br>15,6 | 0,08-<br>0,38  | 3,80-4,02 | 1892  |
| 03.<br>2003 | 2,0-<br>4,0   | 10,0          | 2,00-<br>8,00  | 8,10-<br>8,60 | 0,050-<br>0,075   | 0,005-0,011       | 3,30-<br>7,15  | 2,32-<br>4,32 | 13,8-<br>15,2 | <0,05-<br>0,42 | 3,90-4,10 | 157   |
| 04.<br>2003 | 4,0-<br>7,0   | 10,0          | 2,50-<br>5,50  | 8,50-<br>8,60 | 0,035-<br>0,175   | 0,005-0,05        | 2,31-<br>6,60  | 2,80-<br>4,40 | 13,6-<br>16,0 | 0,36-<br>0,10  | 3,90-4,30 | 255   |
| 05.<br>2003 | 7,0-<br>9,0   | 10,0          | 1,00-<br>4,50  | 7,80-<br>8,70 | <0,05-<br>0,075   | <0,003-<br>0,110  | 2,02-<br>4,95  | 2,32-<br>6,96 | 13,6-<br>16,2 | 0,07-<br>1,00  | 3,90-4,10 | 1532  |
| 06.<br>2003 | 8,0-<br>10,0  | 10,0          | 1,25-<br>2,00  | 7,30-<br>8,00 | <0,050-<br>0,10   | 0,013-0,065       | 3,30-<br>11,00 | 3,12-<br>4,08 | 13,4-<br>14,4 | <0,05-<br>0,08 | 3,50-4,40 | 216   |
| 07.<br>2003 | 9,0-<br>11,0  | 10,0          | 0,75-<br>2,50  | 7,00-<br>8,00 | 0,050-<br>0,100   | 0,003-0,065       | 4,95-<br>6,60  | 3,92-<br>4,80 | 13,0-<br>14,6 | 0,06-<br>0,12  | 3,90-4,50 | 490   |
| 08.<br>2003 | 10,0-<br>12,0 | 10,0          | 0,75-<br>6,50  | 7,60-<br>7,90 | 0,050-<br>0,225   | 0,003-0,020       | 2,40-<br>5,37  | 2,32-<br>4,96 | 12,0-<br>17,5 | 0,06-<br>0,24  | 4,20-4,50 | 10000 |
| 09.<br>2003 | 10,0-<br>15,0 | 10,0-<br>12,5 | 3,50-<br>6,50  | 7,70-<br>7,95 | 0,160-<br>0,320   | 0,009-0,055       | 2,40-<br>3,30  | 3,92-<br>5,76 | 13,0-<br>18,6 | 0,11-<br>0,36  | 3,30-4,40 | 727   |
| 10.<br>2003 | 11,0-<br>15,0 | 10,0-<br>12,5 | 3,00-<br>5,80  | 7,80-<br>8,10 | 0,050-<br>0,160   | 0,013-0,018       | 0,48-<br>3,00  | 4,32-<br>6,00 | 15,8-<br>18,8 | 0,11-<br>0,32  | 3,20-4,00 | 3784  |
| 11.<br>2003 | 7,0-<br>12,0  | 10,0-<br>25,0 | 3,80-<br>6,90  | 7,80-<br>8,60 | 0,050-<br>0,110   | 0,0125-<br>0,0145 | 1,24-<br>2,62  | 4,16-<br>4,96 | 14,0-<br>18,8 | 0,11-<br>0,24  | 3,00-3,40 | 2090  |
| 12.<br>2003 | 4,0-<br>7,0   | 20,0-<br>25,0 | 2,60-<br>5,80  | 8,00-<br>8,70 | <0,05-<br>0,060   | <0,004-<br>0,010  | 1,65-<br>2,14  | 3,36-<br>6,16 | 14,8-<br>19,2 | 0,10-<br>0,20  | 3,20-3,60 | 1273  |
| 01.<br>2004 | 2,0-<br>4,0   | 15,0-<br>40,0 | 2,30-<br>52,00 | 8,00-<br>8,50 | 0,060-<br>0,550   | 0,060-0,560       | 1,65-<br>3,79  | 2,96-<br>6,16 | 14,8-<br>18,4 | 0,05-<br>0,52  | 3,70      | 1400  |
| 02.<br>2005 | 2,0-<br>3,0   | 7,5-25,0      | 6,90-<br>26,70 | 7,80-<br>8,80 | 0,030-<br>0,500   | 0,030-0,560       | 1,80-4,4       | 2,08-<br>3,44 | 14,2-<br>17,0 | 0,08-<br>0,50  | 3,60      | 1861  |
| 03.<br>2004 | 3,0-<br>6,0   | 15,0-<br>20,0 | 6,40-<br>19,80 | 7,60-<br>8,10 | 0,140-<br>0,290   | 0,120-0,260       | 4,00-<br>4,60  | 1,60-<br>2,30 | 16,4-<br>17,0 | 0,08-<br>0,21  | 3,50-4,00 | 1619  |
| 04.<br>2004 | 6,0-<br>9,0   | 15,0          | 3,80-<br>13,40 | 8,10-<br>8,30 | <0,050-<br>0,175  | 0,0035-<br>0,009  | 3,66-<br>5,20  | 1,28-<br>2,45 | 13,6-<br>16,6 | 0,16-<br>0,40  | 3,60-4,00 | 360   |
| 05.<br>2004 | 9,0-<br>10,0  | 10,0-<br>15,0 | 3,50-<br>10,00 | 7,80-<br>8,30 | 0,0150-<br>0,1050 | 0,0085-<br>0,065  | 3,00-<br>5,20  | 1,09-<br>3,12 | 12,2-<br>16,4 | 0,08-<br>0,38  | 3,70-3,80 | 437   |
| 06.2004     | 13,0          | 10,0          | 9,50           | 7,85          | 0,125             | 0,0175            | 4,80           | 3,9           | 16,8          | 0,42           | 3,80      | 364   |
| 07.2004     | 10,0-<br>13,0 | 5,0-10,0      | 1,25-<br>4,00  | 7,50-<br>7,80 | <0,050-<br>0,115  | 0,0030-<br>0,006  | 3,60-<br>5,20  | 2,88-<br>4,56 | 14,4-<br>16,8 | <0,05-<br>0,32 | 3,60-3,80 | 1353  |

| 1       | 2         | 3        | 4         | 5         | 6             | 7             | 8         | 9         | 10        | 11          | 12        | 13    |
|---------|-----------|----------|-----------|-----------|---------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-------|
| 08.2004 | 11,0-13,0 | 5,0      | 1,25-3,50 | 7,50-7,70 | <0,050-0,170  | 0,007-0,170   | 2,90-4,50 | 2,05-4,08 | 11,6-16,2 | 0,05-0,30   | 3,70-3,85 | 2777  |
| 09.2004 | 12,0-14,0 | 5,0-10,0 | 1,25-5,50 | 7,40-7,70 | 0,050-0,190   | 0,075-0,0045  | 1,87-3,24 | 1,73-3,84 | 11,6-17,6 | 0,18-0,32   | 3,50-4,00 | 2333  |
| 10.2004 | 12,0-14,0 | 5,0      | 1,75-5,50 | 7,55-7,95 | <0,050-0,250  | 0,004-0,0150  | 2,00-3,79 | 2,43-4,96 | 14,2-16,4 | 0,11-0,28   | 3,40-3,50 | 2425  |
| 11.2004 | 7,0-12,0  | 5,0      | 1,75-5,00 | 7,90-8,10 | <0,050-0,250  | 0,005-0,0120  | 2,53-5,00 | 4,24-6,16 | 14,8-16,4 | 0,12-0,24   | 3,50-3,70 | 2160  |
| 12.2004 | 3,0-8,0   | 5,0      | 1,50-5,00 | 7,95-8,20 | <0,050-0,050  | 0,005-0,010   | 2,84-5,0  | 4,56-5,36 | 14,8-18,8 | <0,10-0,30  | 3,55-3,75 | 1378  |
| 01.2005 | 3,0-4,0   | 5,0      | 1,75-3,75 | 8,20-8,25 | 0,0125-<0,050 | 0,0037-0,0070 | 2,67-4,40 | 4,40-6,40 | 16,2-16,6 | 0,080-0,280 | 3,65-3,80 | 1305  |
| 02.2005 | 1,0-3,0   | 5,0-10,0 | 2,00-4,00 | 8,15-8,20 | <0,050        | 0,0035-0,0100 | 3,30-4,67 | 2,80-6,48 | 15,4-17,0 | 0,090-0,240 | 3,70-3,90 | 1524  |
| 03.2005 | 2,0-4,0   | 10,0     | 1,75-6,50 | 8,15-8,20 | <0,050-0,070  | 0,0030-0,0085 | 3,80-5,00 | 2,64-3,84 | 15,2-17,0 | 0,060-0,140 | 3,80-3,90 | 1732  |
| 04.2005 | 3,0-8,0   | 10,0     | 1,75-4,50 | 8,20-8,30 | <0,050-0,060  | 0,0035-0,0320 | 3,67-4,67 | 2,64-3,60 | 15,2-17,0 | <0,10-0,200 | 3,80-3,95 | 1190  |
| 05.2005 | 7,0-9,0   | 5,0-10,0 | 1,00-2,25 | 7,75-7,95 | <0,050        | 0,0180-0,0960 | 3,47-4,80 | 1,66-3,84 | 15,2-16,4 | <0,10-0,164 | 3,75-3,90 | 589   |
| 06.2005 | 8,0-10,0  | 5,0      | 0,75-1,50 | 7,50-7,75 | <0,050        | 0,0160-0,2900 | 2,27-4,33 | 1,58-4,08 | 15,6-17,2 | <0,10-0,180 | 3,75-3,90 | 711   |
| 07.2005 | 9,0-10,0  | 5,0      | 1,00-1,75 | 7,50-7,70 | <0,050        | 0,0960-0,2900 | 3,67-4,30 | 1,22-2,56 | 15,6-18,0 | <0,10-0,160 | 3,80-3,85 | 493   |
| 08.2005 | 9,0-11,0  | 5,0      | 1,00-2,75 | 7,35-7,60 | <0,050-0,225  | 0,0720-0,3400 | 2,00-4,07 | 1,73-4,40 | 15,4-16,4 | <0,10-0,260 | 3,80-3,90 | 2342  |
| 09.2005 | 10,0-11,0 | 5,0      | 1,50-3,00 | 7,35-7,45 | <0,050-0,175  | 0,0520-0,1600 | 0,93-3,66 | 1,73-2,96 | 14,6-18,2 | 0,100-0,240 | 3,80-3,90 | 6843  |
| 10.2005 | 10,0-13,0 | 5,0-20,0 | 1,50-3,50 | 7,35-7,85 | 0,040-0,230   | 0,0400-0,0960 | 0,93-1,60 | 1,68-3,76 | 15,6-17,2 | 0,110-0,300 | 3,10-3,90 | 4395  |
| 11.2005 | 7,0-9,0   | 7,5-12,5 | 1,25-4,00 | 7,70-7,95 | 0,040-0,170   | 0,0600-0,1200 | 1,13-2,27 | 1,94-4,24 | 16,2-17,4 | <0,10-0,180 | 3,10-3,40 | 2200  |
| 12.2005 | 6,0-8,0   | 5,0-10,0 | 1,25-2,75 | 7,90-8,00 | <0,050-0,125  | 0,0960-0,1240 | 2,00-3,13 | 2,30-3,12 | 16,0-17,2 | <0,10-0,200 | 3,20-3,30 | 1553  |
| 01.2006 | 6,0       | 20,0     | 2,50      | 8,01      | 0,10          | 0,006         | 3,17      | 2,72      | 18,40     | 3,10        | 3,00      | 1712  |
| 02.2006 | 5,0       | 20,0     | 2,00      | 8,00      | 0,12          | 0,010         | 3,31      | 2,88      | 20,00     | 3,60        | 3,50      | 2072  |
| 03.2006 | 5,0       | 20,0     | 2,00      | 7,95      | 0,10          | 0,070         | 4,27      | 3,12      | 18,00     | 3,85        | 3,75      | 353   |
| 04.2006 | 7,0       | 12,5     | 1,50      | 8,02      | 0,10          | 0,040         | 2,76      | 2,48      | 14,60     | 3,90        | 3,80      | 353   |
| 05.2006 | 13,0      | 20,0     | 1,75      | 7,67      | 0,08          | 0,140         | 5,68      | 2,32      | 17,82     | 4,10        | 4,00      | 235   |
| 06.2006 | 10,0      | 15,0     | 1,50      | 7,69      | 0,10          | 0,016         | 4,50      | 2,72      | 19,00     | 3,30        | 3,20      | 451   |
| 07.2006 | 14,0      | 7,5      | 2,00      | 7,39      | 0,05          | <0,003        | 3,45      | 3,60      | 18,32     | 3,70        | 3,60      | 1261  |
| 08.2006 | 12,0      | 10,0     | 1,00      | 7,65      | 0,12          | 0,180         | 1,80      | 2,32      | 19,00     | 3,70        | 3,60      | 8182  |
| 09.2006 | 13,0      | 7,5      | 1,00      | 7,35      | 0,10          | 0,070         | 1,40      | 3,20      | 19,40     | 3,80        | 3,70      | 6364  |
| 10.2006 | 9,0       | 12,5     | 1,25      | 7,40      | 0,10          | 0,016         | 2,40      | 3,44      | 19,60     | 3,80        | 3,70      | 10000 |
| 11.2006 | 7,0       | 10,0     | 2,00      | 8,14      | 0,14          | 0,070         | 2,00      | 2,32      | 16,63     | 3,30        | 3,20      | 2973  |
| 12.2006 | 5,0       | 10,0     | 1,00      | 8,10      | 0,08          | 0,005         | 2,00      | 2,64      | 15,40     | 3,10        | 3,00      | 549   |
| 01.2007 | 4,0       | 7,5      | 1,75      | 8,00      | 0,22          | 0,010         | 7,33      | 3,44      | 17,80     | 3,30        | 3,20      | 725   |
| 02.2007 | 4,0       | 10,0     | 1,75      | 8,07      | 0,08          | 0,004         | 3,00      | 2,40      | 16,40     | 3,10        | 3,00      | 471   |
| 03.2007 | 7,0       | 10,0     | 1,25      | 8,01      | 0,05          | 0,005         | 3,06      | 2,56      | 16,40     | 3,70        | 3,60      | 432   |
| 04.2007 | 8,0       | 15,0     | 1,50      | 8,02      | 0,05          | 0,003         | 2,53      | 2,64      | 16,80     | 3,60        | 3,50      | 431   |
| 05.2007 | 9,0       | 10,0     | 0,75      | 7,75      | 0,05          | 0,003         | 4,00      | 2,39      | 16,40     | 3,40        | 3,30      | 20    |
| 06.2007 | 10,0      | 10,0     | 0,75      | 7,65      | 0,05          | 0,017         | 3,33      | 3,29      | 16,20     | 3,50        | 3,40      | 137   |
| 07.2007 | 11,0      | 10,0     | 1,25      | 7,54      | 0,09          | 0,068         | 3,53      | 2,72      | 17,62     | 3,80        | 3,70      | 12000 |
| 08.2007 | 11,0      | 10,0     | 1,25      | 7,20      | 0,06          | 0,016         | 4,67      | 2,56      | 15,44     | 3,75        | 3,65      | 14000 |
| 09.2007 | 11,0      | 10,0     | 1,50      | 7,35      | 0,20          | 0,070         | 3,33      | 1,92      | 15,60     | 3,80        | 3,70      | 18000 |



|         |      |      |      |      |      |       |      |      |       |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|
| 10.2007 | 14,0 | 10,0 | 2,50 | 7,81 | 0,20 | 0,070 | 3,33 | 3,36 | 16,80 | 2,70 | 2,60 | 6000 |
| 11.2007 | 8,0  | 15,0 | 4,35 | 7,82 | 0,08 | 0,003 | 2,73 | 3,04 | 18,02 | 2,55 | 2,45 | 1181 |
| 12.2007 | 6,0  | 10,0 | 4,25 | 7,86 | 0,08 | 0,005 | 2,00 | 3,20 | 15,44 | 2,75 | 2,65 | 455  |

Таблица А.1.2 - Данные анализов воды из Партизанского водохранилища

| Дата    | Температура,<br>°С | Цветность,<br>град ПКШ | Мутность,<br>мг/дм <sup>3</sup> | рН        | Аммоний<br>солевой, г/дм <sup>3</sup> | Нитриты,<br>мг/ дм <sup>3</sup> | Нитраты,<br>мг/ дм <sup>3</sup> | Окисляем ость,<br>мгО <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup> | Хлориды,<br>мг/ дм <sup>3</sup> | Железо (Fe),<br>мг/дм <sup>3</sup> | Щёлочность,<br>моль/ дм <sup>3</sup> | Коли-индекс,<br>клеток/ дм <sup>3</sup> |
|---------|--------------------|------------------------|---------------------------------|-----------|---------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|
| 1       | 2                  | 3                      | 4                               | 5         | 6                                     | 7                               | 8                               | 9  | 10                              | 11                                 | 12                                   | 13                                      |
| 01.2000 | 2,0-4,0            | 30-55                  | 15,0-78,0                       | 8,10-8,25 | 0,10-0,28                             | 0,010-0,030                     | 4,40-4,82                       | 4,36-5,20  | 10,2-11,2                       | 0,13-0,20                          | 3,24-3,40                            | 328                                     |
| 02.2000 | 2,0                | 25-40                  | 16,0-33,0                       | 8,20-8,25 | 0,10-0,25                             | 0,009-0,020                     | 4,31-4,88                       | 5,36-4,40  | 9,8-10,8                        | 0,12-0,16                          | 3,15-3,30                            | 175                                     |
| 03.2000 | 3,0-4,0            | 20-30                  | 12,5-24,0                       | 8,00-8,10 | 0,10-0,13                             | 0,005-0,010                     | 4,09-4,31                       | 4,24-4,92  | 10,0-11,4                       | 0,14-0,16                          | 3,00-3,08                            | 128                                     |
| 04.2000 | 4,0-9,0            | 17-25                  | 10,8-18,0                       | 8,00-8,10 | 0,08-0,10                             | 0,005-0,010                     | 3,74-4,01                       | 3,60-4,48  | 9,8-11,2                        | 0,11-0,13                          | 2,88-3,08                            | 51                                      |
| 05.2000 | 9,0-12,0           | 12-20                  | 4,5-11,0                        | 8,00-8,05 | 0,05-0,10                             | 0,003-0,005                     | 3,97-4,09                       | 3,23-4,06  | 10,2-11,4                       | 0,10-0,12                          | 3,00-3,14                            | 226                                     |
| 06.2000 | 12,0-14,0          | 10-12                  | 2,3-4,5                         | 8,10-8,20 | 0,05-0,07                             | 0,003-0,005                     | 3,30-3,74                       | 3,44-4,46  | 10,6-11,6                       | 0,10-0,11                          | 2,94-3,22                            | 240                                     |
| 07.2000 | 8,0-17,0           | 5-10                   | 1,8-2,5                         | 8,20-8,30 | <0,05-0,05                            | <0,003-0,003                    | 3,04-3,87                       | 3,26-3,76  | 10,8-12,2                       | <0,10-0,10                         | 2,94-3,20                            | 174                                     |
| 08.2000 | 8,0-10,0           | 5-10                   | 1,6-2,4                         | 7,95-8,15 | <0,05-0,05                            | <0,003-0,003                    | 3,87-4,02                       | 3,36-3,76  | 11,0-12,4                       | 0,10-0,11                          | 3,04-3,20                            | 207                                     |
| 09.2000 | 10,0-13,0          | 10-18                  | 2,3-9,5                         | 7,85-8,15 | 0,05-0,10                             | 0,003-0,005                     | 2,34-4,14                       | 2,95-3,92  | 10,8-12,4                       | <0,10-0,10                         | 3,12-3,28                            | 345                                     |
| 10.2000 | 11,0-13,0          | 15-20                  | 6,2-9,0                         | 8,15-8,25 | 0,05-0,10                             | 0,003-0,005                     | 1,85-2,34                       | 2,68-3,36  | 10,6-12,0                       | <0,10-0,10                         | 2,96-3,16                            | 557                                     |
| 11.2000 | 10,0-11,0          | 15-20                  | 5,0-8,2                         | 8,20-8,30 | 0,05-0,10                             | 0,003-0,005                     | 0,92-1,85                       | 2,64-3,12  | 11,0-12,4                       | <0,10                              | 3,12-3,24                            | 278                                     |
| 12.2000 | 6,0-9,0            | 12-17                  | 4,0-6,4                         | 8,25-8,30 | 0,10-0,15                             | 0,003-0,005                     | 0,92-1,37                       | 2,56-3,28  | 10,8-11,6                       | <0,10-0,10                         | 3,20-3,28                            | 209                                     |
| 01.2001 | 3,0-6,0            | 7-12                   | 2,6-4,5                         | 8,15-8,30 | 0,05-0,10                             | 0,005-0,007                     | 1,60-2,04                       | 2,24-3,26  | 10,4-11,6                       | <0,10                              | 3,24-3,44                            | 201                                     |
| 02.2001 | 3,0-4,0            | 5-15                   | 2,2-5,6                         | 8,25-8,30 | <0,05-0,05                            | 0,003-0,005                     | 1,48-2,04                       | 2,96-3,86  | 10,8-11,8                       | <0,10-0,10                         | 3,40-3,60                            | 141                                     |
| 03.2001 | 4,0-7,0            | 10-25                  | 7,0-15,6                        | 8,10-8,25 | 0,10-0,30                             | 0,005-0,008                     | 1,48-2,42                       | 2,72-3,52  | 10,4-11,6                       | 0,10-0,11                          | 3,44-3,56                            | 241                                     |
| 04.2001 | 7,0-11,0           | 10-20                  | 5,3-11,5                        | 8,10-8,20 | 0,05-0,10                             | 0,003-0,005                     | 2,42-2,56                       | 2,56-3,57  | 10,8-12,0                       | <0,10-0,10                         | 3,44-3,62                            | 252                                     |
| 05.2001 | 11,0-14,0          | 7-15                   | 4,2-6,4                         | 8,05-8,15 | <0,05-0,05                            | 0,005-0,007                     | 2,27-2,56                       | 2,62-3,46  | 10,6-11,8                       | <0,10                              | 3,42-3,64                            | 248                                     |
| 06.2001 | 14,0-16,0          | 5-15                   | 4,6-6,2                         | 8,00-8,10 | 0,05-0,10                             | 0,003-0,005                     | 2,15-2,37                       | 2,77-3,59  | 10,6-12,0                       | <0,10-0,10                         | 3,48-3,68                            | 395                                     |
| 07.2001 | 16,0-17,0          | 5-12                   | 3,5-5,8                         | 7,95-8,05 | 0,08-0,10                             | 0,005-0,010                     | 2,20-2,44                       | 3,12-3,84  | 10,8-12,0                       | <0,10                              | 3,42-3,56                            | 289                                     |
| 08.2001 | 16,0-17,0          | 5-10                   | 2,0-4,5                         | 7,70-7,90 | 0,05-0,10                             | 0,005-0,007                     | 1,90-2,20                       | 3,36-4,16  | 11,0-12,4                       | <0,10-0,10                         | 3,28-3,46                            | 470                                     |
| 09.2001 | 15,0-16,0          | 5-10                   | 2,0-3,2                         | 7,75-7,95 | 0,05-0,10                             | 0,005-0,008                     | 1,27-1,90                       | 2,52-3,20  | 11,2-12,4                       | <0,10-0,10                         | 3,18-3,42                            | 300                                     |
| 10.2001 | 10,0-15,0          | 5-10                   | 2,2-3,5                         | 7,80-7,95 | <0,05-0,05                            | 0,005-0,015                     | 0,92-1,14                       | 3,12-4,00  | 11,0-12,8                       | <0,10                              | 3,20-3,52                            | 336                                     |
| 11.2001 | 6,0-10,0           | 5-13                   | 2,2-7,5                         | 7,95-8,05 | 0,05-0,12                             | 0,005-0,010                     | 0,64-0,92                       | 2,73-3,60  | 10,2-11,8                       | <0,10                              | 3,48-3,56                            | 127                                     |

Продолжение таблицы А.1.2

| 1       | 2         | 3     | 4         | 5         | 6          | 7           | 8         | 9         | 10        | 11         | 12        | 13  |
|---------|-----------|-------|-----------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|-----|
| 12.2001 | 3,0-6,0   | 5-10  | 2,8-5,4   | 7,90-8,10 | 0,05-0,15  | 0,005-0,020 | 0,77-2,35 | 3,12-4,00 | 10,4-12,0 | <010-0,10  | 3,56-3,72 | 264 |
| 01.2002 | 3,0       | 7-25  | 3,6-14,5  | 7,80-7,95 | 0,10-0,15  | 0,005-0,015 | 2,35-3,08 | 2,96-4,04 | 10,6-11,6 | 0,10-0,12  | 3,58-3,74 | 415 |
| 02.2002 | 3,0-8,0   | 7-15  | 3,8-6,2   | 7,80-8,05 | 0,05-0,13  | 0,005-0,010 | 3,08-3,96 | 2,68-3,96 | 10,6-11,8 | <010-0,10  | 3,50-3,68 | 262 |
| 03.2002 | 8,0-11,0  | 10-70 | 4,4-135,0 | 7,90-8,10 | 0,05-0,30  | 0,005-0,020 | 3,57-3,96 | 1,90-5,20 | 10,4-11,2 | <010-0,11  | 3,52-3,70 | 337 |
| 04.2002 | 11,0-13,0 | 25-50 | 14,0-39,0 | 7,90-8,05 | 0,05-0,20  | 0,005-0,013 | 5,10-5,63 | 3,28-3,96 | 10,2-11,4 | 0,10-0,13  | 2,94-3,20 | 479 |
| 05.2002 | 13,0-16,0 | 7-23  | 3,4-13,5  | 7,80-7,95 | 0,05-0,10  | 0,003-0,005 | 4,35-5,10 | 2,80-3,52 | 9,0-10,2  | 0,10-0,12  | 2,84-3,16 | 230 |
| 06.2002 | 16,0-18,0 | 5-8   | 1,9-3,5   | 7,75-7,90 | 0,05-0,10  | 0,003-0,008 | 4,09-4,71 | 2,64-3,36 | 9,6-11,2  | <010-0,10  | 2,90-3,20 | 318 |
| 07.2002 | 18,0-19,0 | 5-10  | 2,5-4,6   | 7,60-7,80 | 0,05-0,13  | 0,003-0,015 | 3,83-4,09 | 3,12-3,62 | 9,8-11,2  | 0,10-0,13  | 3,00-3,20 | 496 |
| 08.2002 | 18,0-19,0 | 10-35 | 4,5-28,0  | 7,80-8,0  | 0,07-0,13  | 0,005-0,010 | 1,97-3,43 | 2,71-5,30 | 9,0-10,8  | <010-0,10  | 2,64-3,24 | 894 |
| 09.2002 | 17,0-19,0 | 12-23 | 6,8-12,5  | 7,85-8,00 | 0,07-0,18  | 0,005-0,010 | 1,89-2,55 | 3,46-4,24 | 9,4-11,0  | <010-0,10  | 2,80-3,12 | 300 |
| 10.2002 | 13,0-17,0 | 7-12  | 3,8-7,2   | 7,95-8,05 | 0,05-0,10  | 0,003-0,008 | 1,41-1,78 | 3,19-4,11 | 8,8-10,0  | <010       | 2,94-3,20 | 277 |
| 11.2002 | 9,0-13,0  | 10-25 | 5,3-14,7  | 7,90-8,10 | 0,05-0,08  | 0,003-0,007 | 1,67-2,03 | 2,53-2,96 | 8,4-10,0  | <010       | 3,20-3,34 | 210 |
| 12.2002 | 3,0-9,0   | 7-12  | 3,4-5,5   | 8,25      | 0,05-0,07  | 0,003-0,005 | 2,20-2,32 | 2,94      | 8,2-9,8   | <010       | 3,56      | 296 |
| 01.2003 | 3,0-4,0   | 7-10  | 2,8-4,6   | 7,90-8,15 | 0,05-0,08  | 0,003-0,005 | 2,02-2,16 | 2,60-3,40 | 9,0-10,2  | 0,10-0,11  | 3,24-3,60 | 221 |
| 02.2003 | 2,0-3,0   | 10-30 | 4,5-28,5  | 7,90-8,05 | 0,08-0,15  | 0,005-0,010 | 2,02-2,81 | 3,44-4,28 | 9,8-11,0  | 0,10-0,11  | 3,16-3,34 | 377 |
| 03.2003 | 2,0-4,0   | 10-22 | 4,2-10,4  | 7,95-8,05 | 0,05-0,10  | 0,003-0,005 | 2,81-3,08 | 2,79-3,87 | 9,4-10,8  | <010-0,10  | 3,20-3,40 | 464 |
| 04.2003 | 4,0-9,0   | 10-25 | 5,2-21,5  | 7,90-8,05 | 0,05-0,12  | 0,003-0,007 | 2,68-2,95 | 2,86-3,64 | 9,2-10,6  | 0,10-0,12  | 3,20-3,48 | 214 |
| 05.2003 | 9,0-12,0  | 5-10  | 3,8-5,2   | 7,85-8,10 | 0,05-0,08  | 0,003-0,005 | 2,95-3,18 | 2,43-3,14 | 9,6-11,2  | <010-0,10  | 3,24-3,52 | 168 |
| 06.2003 | 12,0-18,0 | 5-8   | 2,5-3,4   | 7,85-8,00 | 0,05-0,07  | 0,003-0,005 | 2,16-2,68 | 2,28-3,12 | 10,4-11,8 | <010       | 3,30-3,48 | 291 |
| 07.2003 | 12,0-20,0 | 5-8   | 1,8-2,9   | 7,85-8,10 | 0,05-0,10  | 0,003-0,006 | 1,90-2,53 | 2,18-3,26 | 10,0-11,6 | <010       | 3,36-3,48 | 181 |
| 08.2003 | 16,0-18,0 | 5-10  | 2,7-3,4   | 7,95-8,15 | 0,05-0,08  | 0,003-0,007 | 1,90-1,97 | 2,20-3,52 | 10,0-11,8 | 0,10-0,11  | 3,18-3,40 | 268 |
| 09.2003 | 15,0-18,0 | 7-10  | 2,9-4,0   | 7,90-8,05 | 0,05-0,07  | 0,003-0,005 | 1,76-1,90 | 2,02-3,22 | 9,8-11,8  | <010       | 3,20-3,40 | 205 |
| 10.2003 | 12,0-15,0 | 5-10  | 2,8-3,6   | 7,90-8,05 | 0,05-0,06  | 0,003-0,005 | 1,76-1,97 | 2,64-3,36 | 9,6-10,8  | <010-0,11  | 3,28-3,44 | 265 |
| 11.2003 | 8,0-11,0  | 7-12  | 3,0-4,6   | 8,0-8,10  | 0,05-0,07  | 0,003-0,007 | 1,83-1,90 | 2,86-3,36 | 9,4-10,8  | <010-0,10  | 3,40-3,60 | 245 |
| 12.2003 | 6,0-8,0   | 5-12  | 3,0-4,5   | 7,95-8,05 | <0,05-0,05 | 0,003-0,005 | 1,90-2,25 | 2,71-3,73 | 8,8-10,6  | 0,10-0,12  | 3,40-3,64 | 187 |
| 01.2004 | 5,0-6,0   | 8-55  | 4,0-44,0  | 7,85-8,05 | 0,05-0,10  | 0,005-0,010 | 2,18-2,32 | 2,74-3,92 | 9,0-9,8   | 0,10-0,12  | 3,10-3,60 | 240 |
| 02.2004 | 4,0-5,0   | 20-45 | 12,5-39,0 | 8,00-8,10 | 0,08-0,20  | 0,005-0,010 | 2,18-2,75 | 3,08-3,86 | 8,4-9,8   | 0,10-0,11  | 3,12-3,40 | 290 |
| 03.2004 | 4,0-7,0   | 15-60 | 7,5-64,0  | 7,95-8,10 | 0,07-0,20  | 0,005-0,015 | 2,59-2,82 | 3,52-4,47 | 8,0-9,2   | 0,10-0,12  | 2,96-3,12 | 288 |
| 04.2004 | 7,0-11,0  | 7-18  | 3,9-8,8   | 8,05-8,15 | 0,05-0,12  | 0,005-0,010 | 2,17-2,66 | 2,88-3,24 | 8,0-8,8   | <0,10-0,15 | 3,00-3,20 | 206 |
| 05.2004 | 11,0-13,0 | 7-30  | 3,7-19,5  | 8,10-8,20 | 0,06-0,10  | 0,005-0,008 | 1,90-2,23 | 2,64-3,27 | 8,0-8,8   | 0,12-0,16  | 3,08-3,24 | 393 |

Продолжение таблицы А.1.2

| 1       | 2         | 3     | 4         | 5         | 6         | 7           | 8         | 9         | 10      | 11         | 12        | 13   |
|---------|-----------|-------|-----------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|---------|------------|-----------|------|
| 06.2004 | 13,0-15,0 | 7-10  | 2,8-5,7   | 8,00-8,10 | 0,05-0,07 | 0,003-0,005 | 2,18-1,83 | 2,77-3,55 | 8,2-9,2 | 0,11-0,17  | 3,20-3,40 | 398  |
| 07.2004 | 18,0      | 5-7   | 2,5-3,0   | 8,10      | 0,05-0,07 | 0,003-0,005 | 1,55-1,83 | 3,83      | 8,4-9,2 | 0,13       | 3,40      | 645  |
| 08.2004 | 13,0      | 5-15  | 2,4-11,3  | 7,75-7,90 | 0,05-0,10 | 0,005-0,010 | 1,55-2,04 | 3,26-5,52 | 8,0-9,2 | 0,13-0,16  | 3,12-3,28 | 1249 |
| 09.2004 | 13,0-18,0 | 10-15 | 5,4-10,8  | 7,75-8,05 | 0,05-0,07 | 0,003-0,005 | 2,04-2,25 | 4,88-5,20 | 7,8-9,0 | 0,11-0,13  | 3,04-3,30 | 547  |
| 04.2007 | 6,0-9,0   | 7-9   | 2,25-4,00 | 8,00-8,10 | 0,06-0,07 | 0,003       | 2,88-3,55 | 3,87-5,19 | 8,2-9,4 | 0,13-0,15  | 3,42-3,54 | <19  |
| 05.2007 | 10,0-15,0 | 7-8   | 1,50-2,00 | 8,15-8,20 | 0,05-0,06 | <0,003      | 2,29-2,90 | 2,52-2,96 | 8,8-9,4 | 0,12-0,13  | 3,50-3,68 | <19  |
| 06.2007 | 14,0-16,0 | 6-8   | 1,25-1,75 | 8,05-8,15 | 0,05-0,06 | <0,003      | 2,29-2,61 | 3,23-3,97 | 8,4-9,4 | <0,10-0,12 | 3,54-3,70 | <19  |
| 07.2007 | 9,0-15,0  | 6-8   | 1,30-1,75 | 7,85-8,00 | 0,05-0,06 | <0,003      | 2,29-2,94 | 2,56-4,42 | 8,8-9,6 | <0,10-0,12 | 3,54-3,66 | <19  |
| 08.2007 | 10,0-11,0 | 6-10  | 1,75-4,00 | 7,75-7,90 | 0,05-0,06 | 0,003       | 2,90-3,22 | 3,36-5,12 | 8,8-9,4 | 0,10-0,12  | 3,50-3,64 | 19   |
| 09.2007 | 11,0-14,0 | 8-10  | 3,50-4,50 | 7,80-7,95 | 0,05-0,06 | 0,003       | 2,58-2,90 | 2,47-3,68 | 8,6-9,6 | 0,115-0,13 | 3,36-3,56 | 64   |
| 10.2007 | 14,0-16,0 | 8-10  | 2,50-3,50 | 7,95-8,15 | 0,06      | 0,003       | 1,61-1,90 | 2,60-3,54 | 8,8-9,4 | 0,13       | 3,36-3,46 | 104  |
| 11.2007 | 8,0-14,0  | 8-11  | 2,50-8,75 | 8,00-8,10 | 0,06-0,07 | 0,003       | 1,29-1,93 | 2,64-3,48 | 8,4-9,4 | 0,10-0,13  | 3,40-3,52 | 168  |
| 12.2007 | 6,0-8,0   | 8-10  | 3,50-5,25 | 8,05-8,15 | 0,05-0,06 | <0,003      | 1,61-1,96 | 2,44-3,56 | 9,0-9,6 | 0,10-0,11  | 3,50-3,56 | 79   |

Таблица А.1.3 - Результаты химических анализов воды Межгорного водохранилища

| Дата    | Температура, °С | Цветность, град ПКШ | Мутность, мг/дм <sup>3</sup> | pH        | Аммоний солевой, г/дм <sup>3</sup> | Нитриты, мг/дм <sup>3</sup> | Нитраты, мг/дм <sup>3</sup> | Окисляем ость, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | Хлориды, мг/дм <sup>3</sup> | Железо (Fe), мг/дм <sup>3</sup> | Щёлочность, моль/дм <sup>3</sup> | Коли-индекс, клеток/дм <sup>3</sup> |
|---------|-----------------|---------------------|------------------------------|-----------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1       | 2               | 3                   | 4                            | 5         | 6                                  | 7                           | 8                           | 9  | 10                          | 11                              | 12                               | 13                                  |
| 01.2000 | 3,0-6,0         | 25-30               | 6,00-14,00                   | 7,80-7,90 | 0,11-0,12                          | 0,012-0,018                 | 130-1,60                    | 5,20-6,40  | 29,0-30,0                   | 0,14-0,16                       | 3,10-3,20                        | 900                                 |
| 02.2000 | 3,0-4,0         | 23-30               | 3,50-12,00                   | 7,90-8,00 | 0,10-0,18                          | 0,016-0,022                 | 1,00-1,60                   | 6,00-6,80  | 29,0-34,0                   | 0,09-0,20                       | 3,00-3,20                        | 1300                                |
| 03.2000 | 4,0-6,0         | 30-25               | 2,75-9,00                    | 8,00-8,20 | 0,16-0,22                          | 0,016-0,028                 | 0,55-1,60                   | 5,60-6,40  | 29,0-30,0                   | 0,12-0,18                       | 3,10-3,20                        | 2300                                |
| 04.2000 | 6,0-9,0         | 20-25               | 8,00-26,00                   | 8,10-8,20 | 0,16-0,20                          | 0,028                       | 1,10-1,30                   | 5,60-7,60  | 29,0-32,0                   | 0,12-0,14                       | 3,10-3,20                        | 2700                                |
| 05.2000 | 9,0-20,0        | 20-25               | 8,00-30,00                   | 8,00-8,30 | 0,25-0,32                          | 0,024-0,030                 | 0,99-1,30                   | 6,40-7,00  | 30,0-32,0                   | 0,14-0,17                       | 3,10-3,30                        | 3400                                |
| 06.2000 | 20,0-23,0       | 21-27               | 6,00-14,00                   | 8,20-8,40 | 0,20-0,27                          | 0,022-0,028                 | 0,88-1,30                   | 6,40-7,00  | 30,0-40,0                   | 0,14-0,16                       | 3,00-3,30                        | 5400                                |
| 07.2000 | 23,0-24,0       | 20-26               | 3,75-8,00                    | 8,00-8,20 | 0,20-0,25                          | 0,018-0,024                 | 0,70-1,10                   | 6,80-7,00  | 30,0-32,0                   | 0,14-0,16                       | 3,00-3,10                        | 5400                                |
| 08.2000 | 24,0            | 20-26               | 2,25-8,00                    | 7,90-8,20 | 0,20-0,40                          | 0,012-0,016                 | 0,50-1,32                   | 6,30-7,12  | 35,0-37,0                   | 0,09-0,16                       | 3,00-3,10                        | 6600                                |
| 09.2000 | 18,0-24,0       | 26-27               | 3,50-9,00                    | 8,00-8,10 | 0,13-0,35                          | 0,012-0,020                 | 0,50-1,32                   | 6,40-7,00  | 35,0-36,0                   | 0,09-0,14                       | 2,90-3,20                        | 6600                                |
| 10.2000 | 12,0-18,0       | 18-26               | 3,00-10,00                   | 8,00-8,20 | 0,24-0,35                          | 0,012-0,018                 | 0,55-1,10                   | 6,80-7,12  | 34,0-37,0                   | 0,17-0,40                       | 3,20-3,30                        | 4300                                |
| 11.2000 | 9,0-12,0        | 20-27               | 4,00-10,00                   | 8,10-8,20 | 0,24-0,25                          | 0,016-0,018                 | 0,88-0,99                   | 6,80-7,12  | 35,0-36,0                   | 0,17-0,19                       | 3,10-3,20                        | 1300                                |
| 12.2000 | 6,0-9,0         | 22-26               | 3,00-11,00                   | 8,20-8,30 | 0,11-0,25                          | 0,018-0,032                 | 0,70-2,00                   | 6,60-7,10  | 34,0-37,0                   | 0,10-0,18                       | 3,20-3,30                        | 900                                 |

Продолжение таблицы А.1.3

| 1       | 2         | 3     | 4          | 5         | 6         | 7           | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13   |
|---------|-----------|-------|------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
| 01.2001 | 2,0       | 18-20 | 4,00-10,00 | 8,20      | 0,18-0,25 | 0,018-0,028 | 0,40-1,00 | 6,00-7,00 | 29,0-32,0 | 0,10-0,14 | 3,10-3,20 | 700  |
| 02.2001 | 3,0       | 18-23 | 6,00-15,00 | 8,10-8,20 | 0,20-0,33 | 0,024-0,028 | 0,30-0,90 | 6,00-7,00 | 30,0-33,0 | 0,14-0,17 | 3,10-3,20 | 900  |
| 03.2001 | 4,0-6,0   | 18-24 | 7,00-21,00 | 8,20-8,30 | 0,18-0,23 | 0,018-0,028 | 0,66-1,10 | 6,00-7,00 | 30,0-32,0 | 0,14-0,20 | 3,00-3,40 | 1300 |
| 04.2001 | 6,0-12,0  | 17-24 | 8,00-20,00 | 8,20-8,30 | 0,18-0,28 | 0,016-0,026 | 0,66-1,32 | 6,00-7,12 | 32,0-33,0 | 0,12-0,20 | 3,20-3,30 | 2500 |
| 05.2001 | 12,0-15,0 | 20-30 | 8,0-20,00  | 7,90-8,20 | 0,17-0,20 | 0,012-0,018 | 0,77-1,10 | 6,20-7,00 | 32,0-38,0 | 0,10-0,14 | 3,20-3,30 | 3900 |
| 06.2001 | 14,0-22,0 | 25    | 6,00-27,00 | 7,90-8,30 | 0,17-0,20 | 0,016-0,018 | 0,88-1,10 | 6,00-7,00 | 38,0-39,0 | 0,12-0,19 | 3,20-3,30 | 4800 |
| 07.2001 | 22,0-26,0 | 20-25 | 3,50-9,00  | 8,10-8,50 | 0,15-0,18 | 0,014-0,018 | 0,66-1,32 | 5,76-7,20 | 38,0-42,0 | 0,08-0,19 | 3,10-3,20 | 5400 |
| 08.2001 | 23,0-26,0 | 25-35 | 3,00-5,00  | 8,10-8,30 | 0,05-0,17 | 0,009-0,018 | 0,88-0,99 | 6,00-7,00 | 34,0-37,0 | 0,15-0,17 | 3,10-3,20 | 6300 |
| 09.2001 | 18,0-24,0 | 20-28 | 3,00-9,00  | 8,00-8,30 | 0,15-0,18 | 0,016-0,018 | 0,88-1,76 | 6,00-7,20 | 36,0-40,0 | 0,11-0,17 | 3,10-3,30 | 8000 |
| 10.2001 | 12,0-18,0 | 20-22 | 3,00-9,00  | 8,10-8,30 | 0,14-0,15 | 0,016-0,018 | 0,99-1,21 | 6,00-7,20 | 36,0-38,0 | 0,10-0,18 | 3,00-3,10 | 3300 |
| 11.2001 | 10,0-12,0 | 20-23 | 3,50-8,00  | 8,10-8,20 | 0,15-0,23 | 0,007-0,018 | 0,99-2,20 | 6,50-7,12 | 36,0-38,0 | 0,11-0,14 | 3,00-3,10 | 1300 |
| 12.2001 | 4,0-10,0  | 22-30 | 3,00-12,00 | 8,00-8,20 | 0,16-0,25 | 0,007-0,011 | 1,32-1,43 | 6,00-7,00 | 36,0-40,0 | 0,14-0,18 | 3,20      | 1000 |
| 01.2002 | 2,0-4,0   | 20-30 | 1,75-8,00  | 8,00-8,20 | 0,15-0,18 | 0,007-0,014 | 1,32-1,54 | 6,60-7,00 | 36,0-40,0 | 0,07-0,17 | 3,10-3,30 | 700  |
| 02.2002 | 2,0-4,0   | 20    | 2,50-10,00 | 8,00-8,20 | 0,13-0,25 | 0,010-0,018 | 0,77-1,43 | 6,40-7,00 | 30,0-38,0 | 0,10-0,13 | 3,10-3,20 | 900  |
| 03.2002 | 4,0-8,0   | 20-25 | 3,50-12,00 | 8,20-8,40 | 0,13-0,23 | 0,12-0,018  | 0,55-0,77 | 6,00-6,80 | 32,0-37,0 | 0,12-0,17 | 3,00-3,20 | 30   |
| 04.2002 | 8,0-13,0  | 20-33 | 6,00-14,00 | 8,20-8,30 | 0,20-0,31 | 0,012-0,016 | 0,44-0,77 | 6,00-7,00 | 32,0-34,0 | 0,16-0,19 | 3,00-3,20 | 300  |
| 05.2002 | 13,0-18,0 | 25    | 5,00-11,00 | 7,70-8,20 | 0,20-0,26 | 0,010-0,014 | 0,55-0,88 | 6,80-7,20 | 34,0-35,0 | 0,12-0,16 | 3,10-3,20 | 300  |
| 06.2002 | 18,0-21,0 | 23-25 | 4,00-12,00 | 7,90-8,00 | 0,18-0,25 | 0,010-0,011 | 0,55-1,10 | 6,80-7,20 | 33,0-40,0 | 0,14-0,15 | 3,10-3,20 | 400  |
| 07.2002 | 21,0-26,0 | 20-25 | 3,00-6,50  | 7,90-8,00 | 0,20-0,23 | 0,010-0,020 | 0,99-2,68 | 6,00-7,00 | 34,0-40,0 | 0,10-0,17 | 2,90-3,20 | 1000 |
| 08.2002 | 23,0-26,0 | 20-40 | 3,75-9,00  | 7,90-8,10 | 0,21-0,30 | 0,017-0,029 | 0,99-1,76 | 6,80-7,30 | 34,0-38,0 | 0,14-0,18 | 3,10-3,20 | 2900 |
| 09.2002 | 20,0-23,0 | 25-30 | 5,00-12,00 | 8,00-8,10 | 0,25-0,30 | 0,021-0,024 | 1,21-1,54 | 6,00-7,00 | 32,0-35,0 | 0,14-0,27 | 2,90-3,20 | 1500 |
| 10.2002 | 15,0-20,0 | 20-30 | 5,00-14,00 | 8,00-8,20 | 0,17-0,26 | 0,024-0,027 | 0,88-1,43 | 6,00-6,70 | 33,0-35,0 | 0,11-0,16 | 3,10-3,30 | 1000 |
| 11.2002 | 8,0-15,0  | 20-30 | 4,50-9,00  | 8,00-8,10 | 0,21-0,23 | 0,017-0,020 | 0,77-1,32 | 6,30-6,80 | 32,0-35,0 | 0,11-0,17 | 3,00-3,20 | 800  |
| 12.2002 | 1,0-8,0   | 20-30 | 2,50-15,00 | 8,00-8,20 | 0,18-0,23 | 0,016-0,019 | 0,77-1,54 | 6,30-6,80 | 32,0-35,0 | 0,08-0,17 | 3,00-3,20 | 400  |
| 01.2003 | 1,0-2,0   | 25-30 | 3,00-8,00  | 8,00-8,10 | 0,21-0,23 | 0,016-0,029 | 1,21-1,65 | 6,60-7,0  | 30,0-36,0 | 0,08-0,14 | 3,00-3,20 | 111  |
| 02.2003 | 2,0       | 20-30 | 2,50-12,00 | 8,00-8,20 | 0,14-0,21 | 0,016-0,024 | 0,99-1,76 | 6,10-7,00 | 32,0-36,0 | 0,08-0,14 | 3,00-3,20 | 111  |
| 03.2003 | 2,0       | 15-20 | 3,00       | 8,00-8,40 | 0,14-0,18 | 0,008-0,016 | 0,66-1,32 | 6,10-6,70 | 32,0-34,0 | 0,07-0,14 | 3,00-3,10 | 111  |
| 04.2003 | 3,0-9,0   | 20    | 3,00-14,00 | 8,20-8,30 | 0,15-0,18 | 0,013-0,024 | 0,66-1,21 | 6,00-6,70 | 33,0-35,0 | 0,11-0,14 | 3,00-3,20 | 111  |
| 05.2003 | 9,0-14,0  | 20-25 | 5,00-10,00 | 7,90-8,10 | 0,15-0,23 | 0,012-0,024 | 0,44-0,77 | 6,00-6,60 | 32,0-36,0 | 0,11-0,17 | 3,10      | 150  |
| 06.2003 | 21,0      | 15-25 | 4,50-9,00  | 8,00      | 0,16-0,22 | 0,012-0,016 | 0,44-0,66 | 6,50      | 38,0      | 0,14      | 3,10      | 150  |

Продолжение таблицы А.1.3

| 1       | 2         | 3     | 4          | 5         | 6         | 7           | 8          | 9         | 10        | 11         | 12        | 13    |
|---------|-----------|-------|------------|-----------|-----------|-------------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|-------|
| 07.2003 | 21,0-24,0 | 20-25 | 3,00-9,00  | 7,90-8,10 | 0,11-0,22 | 0,012-0,019 | 0,55-1,10  | 5,76-6,50 | 36,0-42,0 | 0,10-0,16  | 2,90-3,10 | 400   |
| 08.2003 | 23,0-24,0 | 20-25 | 3,00-5,00  | 7,70-8,10 | 0,14-0,20 | 0,008-0,017 | 0,55-1,33  | 6,00-6,50 | 38,0-44,0 | 0,10-0,18  | 2,90-3,10 | 450   |
| 09.2003 | 19,0-23,0 | 20-25 | 3,00-9,00  | 7,80-8,00 | 0,11-0,17 | 0,010-0,014 | 0,60-1,33  | 6,20-6,60 | 42,0-44,0 | 0,13-0,18  | 2,70-3,00 | 450   |
| 10.2003 | 13,0-19,0 | 20-25 | 4,50-16,00 | 8,00-8,30 | 0,14-0,19 | 0,013-0,020 | 0,48-0,68  | 6,40-6,70 | 40,-44,0  | 0,16-0,18  | 2,90-3,10 | 800   |
| 11.2003 | 9,0-12,0  | 20    | 3,00-8,00  | 7,90-8,00 | 0,17-0,20 | 0,013-0,016 | 0,55-0,83  | 5,80-6,60 | 44,0-46,0 | 0,11-0,17  | 3,00-3,10 | 800   |
| 12.2003 | 5,0-8,0   | 15-20 | 3,00-11,0  | 7,90      | 0,10-0,14 | 0,013-0,016 | 0,73-1,00  | 6,00-6,50 | 42,0-46,0 | 0,10-0,13  | 3,00-3,10 | 111   |
| 01.2004 | 3,0-5,0   | 20-25 | 3,00-6,00  | 8,00      | 0,12-0,17 | 0,010-0,015 | 0,48-1,00  | -6,40     | 44,0      | 0,14       | 4,5       | 111   |
| 02.2004 | 2,0-4,0   | 20-25 | 3,00-15,00 | 7,90-8,00 | 0,14-0,21 | 0,012-0,016 | 0,88-1,25  | 6,0-6,40  | 42,0      | 0,09-0,12  | 4,1-4,3   | 150   |
| 03.2004 | 4,0-8,0   | 20-25 | 3,00-9,00  | 8,00-8,20 | 0,17-0,20 | 0,012-0,017 | 0,48-0,93  | 6,00-6,40 | 40,0-42,0 | 0,09-0,13  | 4,1-4,5   | 360   |
| 04.2004 | 8,0-11,0  | 20-25 | 3,25-18,00 | 8,00-8,20 | 0,17-0,22 | 0,012-0,019 | <0,44-0,60 | 6,10-6,30 | 40,0-42,0 | 0,12-0,17  | 4,1-4,2   | 500   |
| 05.2004 | 11,0-16,0 | 25-30 | 6,00-25,00 | 7,80-8,10 | 0,12-0,21 | 0,017-0,018 | 0,48-0,73  | 6,00-6,40 | 40,0-42,0 | 0,14-0,19  | 4,2-4,5   | 1200  |
| 06.2004 | 17,0-21,0 | 20-30 | 3,75-8,00  | 8,10      | 0,20-0,28 | 0,012-0,018 | <0,44-0,60 | 5,50-6,30 | 42,0-46,0 | 0,19-0,22  | 4,1-4,3   | 1220  |
| 07.2004 | 21,0-22,0 | 20-30 | 3,50-11,00 | 7,90-8,00 | 0,17-0,32 | 0,008-0,020 | 0,48-1,33  | 5,76-6,00 | 40,0-44,0 | <0,10-0,16 | 4,1-4,3   | 4700  |
| 08.2004 | 22,0      | 20-30 | 3,50-10,0  | 7,90-8,00 | 0,1-0,28  | 0,006-0,009 | 0,55-1,00  | 4,88-6,00 | 38,0-46,0 | <0,10-0,22 | 4,0-4,1   | 15300 |
| 09.2004 | 21,0-22,0 | 25-30 | 4,00-16,00 | 7,90-8,20 | 0,18-0,28 | 0,008-0,010 | <0,44-0,73 | 5,60-6,30 | 38,0-42,0 | <0,10-0,12 | 4,0-4,2   | 11000 |
| 10.2004 | 14,0-21,0 | 25-30 | 5,00-13,00 | 8,00-8,30 | 0,22-0,24 | 0,008-0,020 | <0,44-0,60 | 5,60-5,80 | 38,0-42,0 | <0,10-0,18 | 4,0-4,2   | 10300 |
| 11.2004 | 10,0-14,0 | 20-30 | 4,00-10,00 | 7,90-8,30 | 0,13-0,20 | 0,008-0,010 | <0,44      | 5,60-6,00 | 38,0-40,0 | <0,10-0,14 | 4,0-4,2   | 1200  |
| 12.2004 | 5,0-10,0  | 20-30 | 4,00-6,00  | 7,90-8,00 | 0,15-0,19 | 0,008-0,012 | <0,44      | 5,50-6,00 | 38,0-40,0 | 0,10-0,14  | 4,0-4,2   | 800   |
| 01.2005 | 3,0-6,0   | 20-25 | 6,00-14,00 | 7,80-7,90 | 0,16-0,18 | 0,012-0,018 | 0,48-0,60  | 5,80-6,40 | 40,0-42,0 | 0,10-0,12  | 3,10-3,20 | 111   |
| 02.2005 | 3,0-4,0   | 20-25 | 3,50-12,00 | 7,90-8,00 | 0,17-0,20 | 0,016-0,022 | 0,44-0,48  | 6,00-6,40 | 40,0-42,0 | 0,10       | 3,00-3,20 | 123   |
| 03.2005 | 4,0-6,0   | 20-25 | 3,00-8,00  | 8,00-8,10 | 0,16-0,22 | 0,016-0,028 | 0,44-0,68  | 5,80-6,60 | 38,0-40,0 | <0,10-0,12 | 3,10-3,20 | 154   |
| 04.2005 | 6,0-11,0  | 20-25 | 4,00-10,00 | 7,90-8,10 | 0,20-0,24 | 0,010-0,012 | <0,44-0,60 | 6,00-6,30 | 38,0-40,0 | <0,10      | 3,00-3,10 | 176   |
| 05.2005 | 11,0-20,0 | 20-30 | 5,00-9,00  | 7,90-8,20 | 0,17-0,20 | 0,010-0,017 | 0,48-0,60  | 6,00-6,40 | 38,0-40,0 | <0,10-0,12 | 2,90-3,10 | 681   |
| 06.2005 | 20,0-21,0 | 25-30 | 5,00-19,00 | 8,20-8,30 | 0,18-0,24 | 0,012-0,020 | <0,44-0,48 | 6,40-6,70 | 40,0-42,0 | 0,12-0,14  | 3,00-3,10 | 1775  |
| 07.2005 | 21,0-24,0 | 25-30 | 3,75-16,00 | 8,00-8,40 | 0,18-0,24 | 0,017-0,018 | <0,44-0,48 | 6,70-7,60 | 42,0      | 0,14       | 3,00-3,10 | 4900  |
| 08.2005 | 24,0      | 25-30 | 4,00-8,00  | 7,90-8,20 | 0,20-0,30 | 0,013-0,017 | <0,44-0,68 | 6,30-7,00 | 42,0      | 0,10-0,15  | 3,00-3,10 | 6000  |
| 09.2005 | 21,0-24,0 | 25-30 | 4,50-16,00 | 7,70-8,10 | 0,14-0,31 | 0,017-0,020 | <0,44-0,70 | 6,00-6,60 | 40,0-42,0 | 0,10-0,12  | 2,90-3,20 | 2800  |
| 10.2005 | 12,0-21,0 | 20-30 | 3,50-14,00 | 7,80-7,90 | 0,24-0,30 | 0,012-0,020 | 0,50-0,68  | 6,00-6,70 | 36,0-42,0 | 0,10-0,12  | 3,20-3,30 | 1500  |
| 11.2005 | 9,0-12,0  | 20-25 | 3,50-6,00  | 7,80-7,90 | 0,24-0,33 | 0,016-0,021 | 0,44-0,68  | 6,00-6,40 | 38,0-40,0 | 0,10-0,16  | 3,10-3,20 | 1100  |
| 12.2005 | 6,0-9,0   | 20-25 | 4,00-9,00  | 7,90-8,00 | 0,22-0,31 | 0,013-0,018 | <0,44      | 6,60-7,00 | 38,0-40,0 | 0,10-0,16  | 3,00-3,30 | 400   |

Продолжение таблицы А.1.3

| 1       | 2         | 3     | 4          | 5         | 6         | 7           | 8          | 9         | 10        | 11         | 12        | 13   |
|---------|-----------|-------|------------|-----------|-----------|-------------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|------|
| 01.2006 | 2,0-4,0   | 25    | 3,00-8,00  | 7,80-8,00 | 0,11-0,19 | 0,013-0,015 | <0,44      | 6,00-6,60 | 38,0-40,0 | 0,10-0,14  | 3,10-3,30 | 104  |
| 02.2006 | 2,0-3,0   | 25    | 2,00-4,00  | 7,90-8,00 | 0,11-0,24 | 0,012-0,080 | <0,44      | 6,20-6,60 | 38,0-40,0 | <0,10-0,12 | 3,20-3,40 | 127  |
| 03.2006 | 3,0-6,0   | 25    | 2,00-8,00  | 7,90-8,00 | 0,15-0,17 | 0,010-0,016 | <0,44      | 6,30-6,70 | 38,0-40,0 | 0,10-0,14  | 3,10-3,30 | 155  |
| 04.2006 | 6,0-12,0  | 25    | 3,75-18,00 | 7,90-8,00 | 0,15-0,31 | 0,016-0,020 | <0,44      | 6,00-6,40 | 38,0-42,0 | 0,10-0,14  | 3,20-3,40 | 190  |
| 05.2006 | 16,0      | 25    | 18,00      | 8,10      | 0,22-0,24 | 0,020-0,029 | <0,44      | 6,20-6,40 | 38,0-42,0 | 0,10-0,18  | 3,20-3,40 | 641  |
| 06.2006 | 16,0-23,0 | 25    | 8,00-19,00 | 8,00-8,10 | 0,23-0,25 | 0,010-0,024 | <0,44-0,68 | 6,10-6,40 | 40,0-42,0 | 0,10-0,18  | 3,20-3,40 | 1800 |
| 07.2006 | 23,0      | 30    | 4,50-10,00 | 8,00-8,10 | 0,25-0,39 | 0,019-0,024 | <0,44-0,65 | 6,00-6,40 | 41,0-42,0 | 0,10-0,18  | 3,10-3,30 | 4731 |
| 08.2006 | 23,0-24,0 | 20-30 | 4,50-20,00 | 8,00-8,20 | 0,16-0,26 | 0,008-0,019 | <0,44-1,08 | 6,00-6,50 | 43,0-45,0 | 0,10-0,12  | 3,10-3,40 | 5950 |
| 09.2006 | 18,0-24,0 | 25    | 5,00-16,00 | 8,20-8,30 | 0,23-0,29 | 0,008-0,02  | <0,44-1,52 | 6,40-6,60 | 42,0-44,0 | 0,12-0,14  | 3,00-3,30 | 3222 |
| 10.2006 | 14,0-18,0 | 25    | 4,00-10,00 | 8,30-8,40 | 0,23-0,28 | 0,016-0,023 | <0,44-1,30 | 6,20-6,50 | 39,0-43,0 | 0,10-0,18  | 3,10-3,45 | 2180 |
| 11.2006 | 10,0-14,0 | 20-25 | 3,50-7,00  | 8,10-8,40 | 0,17-0,28 | 0,003-0,022 | <0,44-0,87 | 6,40-6,80 | 39,0-40,0 | 0,10-0,14  | 3,20-3,40 | 940  |
| 12.2006 | 7,0-10,0  | 15-20 | 2,00-6,00  | 8,20      | 0,17-0,23 | 0,010-0,028 | 0,65-0,87  | -6,60     | 39,0-40,0 | <0,12      | 3,40      | 200  |
| 01.2007 | 5,0-4,0   | 20-25 | 2,75-14,0  | 8,10-8,20 | 0,16-0,21 | 0,010-0,013 | 0,65-0,87  | 6,40-6,70 | 38,0-39,0 | 0,10-0,12  | 3,00-3,30 | 150  |
| 02.2007 | 4,0-6,0   | 20-25 | 3,00-9,00  | 8,20-8,40 | 0,14-0,37 | 0,009-0,019 | <0,44-0,87 | 6,40-6,70 | 38,0-39,0 | 0,11-0,13  | 3,20-3,30 | 170  |
| 03.2007 | 6,0-7,0   | 20-25 | 3,00-7,00  | 8,20-8,40 | 0,14-0,23 | 0,009-0,014 | <0,44-0,65 | 6,40-6,70 | 38,0-39,0 | 0,11-0,13  | 3,20-3,30 | 170  |
| 04.2007 | 6,0-12,0  | 25-20 | 3,00-7,00  | 8,20-8,30 | 0,20-0,23 | 0,008-0,012 | 0,65-0,67  | 6,40-6,70 | 37,0-40,0 | <0,10-0,10 | 3,20-3,30 | 190  |
| 05.2007 | 12,0-18,0 | 20    | 3,00-4,50  | 7,80-8,10 | 0,18-0,12 | 0,160-0,180 | 0,65-1,08  | 6,80-7,00 | 40,0-41,0 | <0,10-0,10 | 3,20-3,30 | 400  |
| 06.2007 | 18,0-23,0 | 20-30 | 3,00-7,00  | 7,90-8,30 | 0,18-0,28 | 0,005-0,180 | 0,44-0,87  | 6,70-7,00 | 40,0-41,0 | <0,10-0,10 | 3,00-3,20 | 1300 |
| 07.2007 | 23,0-24,0 | 23-28 | 4,00-7,00  | 7,80-8,20 | 0,21-0,26 | 0,013-0,028 | 0,44-0,87  | 6,80-7,00 | 39,0-41,0 | 0,01-0,15  | 3,00-3,20 | 3000 |
| 08.2007 | 24,0-25,0 | 25-35 | 3,00-8,00  | 7,80-8,00 | 0,21-0,31 | 0,008-0,013 | 0,65-1,08  | 6,70-7,10 | 39,0-40,0 | 0,12-0,16  | 3,10-3,20 | 4100 |
| 09.2007 | 25,0-19,0 | 25-30 | 3,00-8,00  | 7,90-8,20 | 0,16-0,28 | 0,010-0,020 | 0,65-0,87  | 6,40-6,70 | 40,0-41,0 | 0,12-0,16  | 2,90-3,10 | 2800 |
| 10.2007 | 19,0-15,0 | 25-35 | 3,50-8,00  | 8,10-8,20 | 0,18-0,26 | 0,010-0,013 | 0,65-1,52  | 6,40-6,80 | 38,0-40,0 | 0,14-0,16  | 3,00-3,20 | 1600 |
| 11.2007 | 15,0-7,0  | 25    | 4,00-14,00 | 8,00-8,20 | 0,20-0,31 | 0,010-0,023 | 0,44-0,87  | 6,40-6,80 | 38,0-39,0 | 0,12-0,16  | 3,00-3,20 | 815  |
| 12.2007 | 7,0-5,0   | 10-20 | 5,00-11,00 | 8,10-8,30 | 0,20-0,25 | 0,010-0,028 | 0,87-1,08  | 6,70-7,20 | 37,0-39,0 | 0,10-0,12  | 3,00-3,30 | 360  |

Таблица А.1.4 - Результаты химических анализов воды Аянского водохранилища

| дата    | Температура, °С | Цветность, град ПКШ | Мутность, мг/дм <sup>3</sup> | рН   | Щёлочность, моль/ дм <sup>3</sup> | аммоний солевой, мг/ дм <sup>3</sup> | нитриты, мг/ дм <sup>3</sup> | нитраты, мг/дм <sup>3</sup> | окисляемость, МГО/ дм <sup>3</sup> | хлориды, мг/д дм <sup>3</sup> | растворенный О <sub>2</sub> , мг/ дм <sup>3</sup> | БПК <sub>5</sub> , мгО/д дм <sup>3</sup> | жесткость общая, моль/ дм <sup>3</sup> | жесткость карбонатная, моль/ дм <sup>3</sup> | плотный остаток, мг/ дм <sup>3</sup> | железо (Fe), мг/дм <sup>3</sup> | Сульфаты (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг/ дм <sup>3</sup> | кальций (Ca) мг/дм <sup>3</sup> | магний (Mg), мг/дм <sup>3</sup> | медь (Cu), мг/ дм <sup>3</sup> | АПАВ, мг/дм <sup>3</sup> | Коли-индекс, клеток/ дм <sup>3</sup> |
|---------|-----------------|---------------------|------------------------------|------|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|---|--|--|--|--------------------------------------|---------------------------------|--|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| 1       | 2               | 3                   | 4                            | 5    | 6                                 | 7                                    | 8                            | 9                           | 10                                 | 11                            | 12  | 13                                       | 14                                     | 15   | 16                                   | 17                              | 18   | 19                              | 20                              | 21                             | 22                       | 23                                   |
| 01.2000 | 4               | 7,5                 | 1,00                         | 8,36 | 3,40                              | 0,05                                 | 0,003                        | 5,61                        | 2,32                               |                               | 10,20   | 1,40                                     | 3,30                                   | 3,50   | 211                                  | <0,1                            | 18,5   | 36,1                            | 18,24                           | -                              | -                        | 20                                   |
| 02.2000 | 4               | 10,0                | 1,50                         | 8,31 | 3,80                              | 0,40                                 | 0,003                        | 5,50                        | 2,19                               | 5,09                          | 10,70   | 1,50                                     | 3,60                                   | 3,90   | 211                                  | <0,1                            | 13,9   | 38,1                            | 20,67                           | -                              | -                        | 98                                   |
| 03.2000 | 3               | 15,0                | 1,75                         | 8,30 | 3,90                              | 0,80                                 | 0,003                        | 4,40                        | 2,00                               | 5,94                          | 10,40   | 1,70                                     | 3,50                                   | 4,00   | 207                                  | <0,1                            | 16,8   | 40,1                            | 18,24                           | 0,04                           | н/о                      | 3090                                 |
| 04.2000 | 14              | 20,0                | 2,00                         | 8,03 | 3,75                              | 0,24                                 | 0,035                        | 4,18                        | 2,88                               | 5,35                          | 10,10   | 1,80                                     | 3,30                                   | 3,85   | 196                                  | 0,11                            | 21,4   | 36,7                            | 18,24                           | -                              | -                        | 1545                                 |
| 05.2000 | 18              | 12,5                | 1,00                         | 8,29 | 3,00                              | 0,15                                 | 0,003                        | 2,53                        | 2,13                               | 4,55                          | 11,50   | 1,62                                     | 3,95                                   | 3,10   | 189                                  | <0,1                            | 32,1   | 60,1                            | 11,55                           | -                              | -                        | 20                                   |
| 06.2000 | 20              | 15,0                | 1,50                         | 8,36 | 3,00                              | 0,18                                 | 0,084                        | 2,09                        | 2,32                               | 5,94                          | 9,80  | 0,93                                     | 3,30                                   | 3,10   | 172                                  | <0,1                            | 17,6   | 52,1                            | 8,50                            | 0,03                           | н/о                      | 196                                  |
| 07.2000 | 26              | 20,0                | 1,75                         | 8,34 | 3,10                              | 0,18                                 | 0,004                        | 4,18                        | 2,88                               | 5,80                          | 9,30  | 1,10                                     | 2,90                                   | 3,20   | 158                                  | <0,1                            | 16,1   | 42,1                            | 9,73                            | -                              | -                        | 313                                  |
| 08.2000 | 28              | 10,0                | 8,00                         | 8,40 | 2,40                              | 0,05                                 | 0,003                        | 1,54                        | 4,80                               | 6,40                          | 8,80  | 1,30                                     | 2,90                                   | 2,50   | 149                                  | 0,21                            | 16,9   | 38,1                            | 12,16                           | -                              | -                        | 39                                   |
| 09.2000 | 22              | 12,5                | 2,50                         | 8,45 | 3,45                              | 0,07                                 | 0,005                        | 1,65                        | 2,32                               | 6,60                          | 10,40   | 1,20                                     | 2,80                                   | 3,55   | 158                                  | 0,11                            | 17,7   | 46,1                            | 6,08                            | н/о                            | н/о                      | 1000                                 |
| 10.2000 | 15              | 15,0                | 4,00                         | 8,42 | 2,50                              | 0,05                                 | 0,003                        | 2,09                        | 4,56                               | 5,80                          | 12,80   | 1,40                                     | 3,00                                   | 2,60   | 169                                  | 0,12                            | 18,5   | 44,1                            | 9,72                            | -                              | -                        | 275                                  |
| 11.2000 | 12              | 10,0                | 2,50                         | 8,24 | 3,40                              | 0,05                                 | 0,003                        | 3,96                        | 2,80                               | 5,60                          | 10,10   | 0,80                                     | 3,30                                   | 3,50   | 208                                  | <0,1                            | 30,8   | 42,1                            | 14,59                           | н/о                            | н/о                      | 9                                    |
| 12.2000 | -               | -                   | -                            | -    | -                                 | -                                    | -                            | -                           | -                                  | -                             | -   | -  | -                                      | -  | -                                    | -                               | -  | -                               | -                               | -                              | -                        | -                                    |
| 01.2001 | 3               | 5                   | 0,25                         | 7,34 | 3,0                               | 0,05                                 | 0,003                        | 2,20                        | 0,64                               | 3,96                          | -   | -  | 3,90                                   |  | 265                                  | 0,10                            | 20,9   | 68,1                            | 6,08                            |                                |                          | 20                                   |
| 02.2001 | 4               | 20                  | 2,25                         | 8,23 | 2,8                               | 0,10                                 | 0,004                        | 4,62                        | 2,47                               | 5,34                          | 11,0  | 1,65                                     | 3,20                                   |  | 201                                  | 0,10                            | 16,9   | 52,1                            | 7,30                            |                                |                          | 20                                   |
| 03.2001 | 9               | 20                  | 3,00                         | 8,20 | 3,3                               | 0,05                                 | 0,003                        | 4,62                        | 1,51                               | 4,75                          | 12,8  | 1,60                                     | 3,30                                   |  | 195                                  | 0,06                            | 18,9   | 40,1                            | 15,80                           |                                |                          | 667                                  |
| 04.2001 | 9               | 10                  | 2,00                         | 8,20 | 3,1                               | 0,10                                 | 0,003                        | 4,18                        | 2,88                               | 5,23                          | 13,0  | 1,80                                     | 3,10                                   |  | 177                                  | 0,25                            | 18,7   | 52,1                            | 6,08                            |                                |                          | 1091                                 |
| 05.2001 | 12              | 10                  | 3,00                         | 8,02 | 2,6                               | 0,05                                 | 0,003                        | 1,87                        | 2,00                               | 4,46                          | 12,8  | 1,60                                     | 3,10                                   |  | 141                                  | 0,08                            | 18,9   | 37,1                            | 17,0                            |                                |                          | 412                                  |
| 06.2001 | 17              | 15                  | 1,50                         | 8,06 | 3,0                               | 0,05                                 | 0,004                        | 2,20                        | 2,88                               | 18,9                          | 10,7  | 1,35                                     | 3,20                                   |  | 156                                  | 0,08                            | 18,9   | 54,1                            | 6,08                            |                                |                          | 176                                  |
| 07.2001 | 21              | 10                  | 1,75                         | 8,28 | 3,6                               | 0,18                                 | 0,004                        | 4,18                        | 3,04                               | 4,36                          | 10,5  | 1,54                                     | 3,00                                   |  | 133                                  | 0,13                            | 17,7   | 46,1                            | 8,51                            |                                |                          | 157                                  |
| 08.2001 | 22              | 15                  | 1,75                         | 7,78 | 3,0                               | 0,18                                 | 0,004                        | 3,30                        | 2,08                               | 5,40                          | 9,00  | 2,00                                     | 2,60                                   |  | 133                                  | 0,25                            | 18,9   | 42,1                            | 6,08                            |                                |                          | 20                                   |
| 09.2001 | 22              | 10                  | 3,75                         | 8,21 | 2,6                               | 0,05                                 | 0,003                        | 0,77                        | 3,76                               | 4,00                          | 8,26  | 2,15                                     | 2,80                                   |  | 141                                  | 0,11                            | 18,9   | 44,1                            | 7,30                            |                                |                          | 137                                  |
| 10.2001 | 16              | 15                  | 3,00                         | 7,90 | 3,7                               | 0,10                                 | 0,003                        | 0,39                        | 2,16                               | 4,40                          | 9,09  | 1,17                                     | 2,80                                   |  | 242                                  | 0,06                            | 20,5   | 36,1                            | 12,16                           |                                |                          | 954                                  |
| 11.2001 | 9               | 10                  | 4,00                         | 8,20 | 2,4                               | 0,05                                 | 0,003                        | 1,65                        | 2,64                               | 4,80                          | 12,8  | 1,65                                     | 3,00                                   |  | 118                                  | 0,05                            | 21,4   | 38,1                            | 13,38                           |                                |                          | 392                                  |
| 12.2001 | -               | -                   | -                            | -    | -                                 | -                                    | -                            | -                           | -                                  | -                             | -   | -  | -                                      |  | -                                    | -                               | -  | -                               | -                               |                                |                          | 20                                   |
| 01.2002 | 2               | 5                   | 0,25                         | 7,75 | 3,80                              | <0,0                                 | <0,00                        | 5,17                        | 2,88                               | 5,74                          | -   | -  | 3,80                                   | 3,90   | 205                                  | 0,08                            | 21,4   | 56,1                            | 12,16                           | 0,03                           | -                        | 20                                   |
| 02.2002 | 3               | 5                   | 3,00                         | 8,09 | 3,00                              | 0,05                                 | 0,003                        | 5,50                        | 1,60                               | 3,92                          | 9,80  | 1,57                                     | 2,90                                   | 3,10   | 175                                  | 0,23                            | 23,0   | 34,0                            | 14,59                           | -                              | -                        | 39                                   |
| 03.2002 | 8               | 15                  | 1,25                         | 8,30 | 3,85                              | 0,05                                 | 0,003                        | 4,51                        | 1,68                               | 5,29                          | 13,0  | 2,17                                     | 3,70                                   | 3,95   | 179                                  | 0,10                            | 23,9   | 66,1                            | 4,86                            | -                              | -                        | 1000                                 |
| 04.2002 | 9               | 10                  | 1,25                         | 8,03 | 4,00                              | 0,05                                 | 0,003                        | 3,96                        | 2,00                               | 5,10                          | 12,8  | 2,00                                     | 3,60                                   | 4,10   | 167                                  | 0,10                            | 21,8   | 58,1                            | 8,51                            | н/о                            | н/о                      | 20                                   |
| 05.2002 | 12              | 10                  | 1,30                         | 8,37 | 3,60                              | <0,0                                 | <0,00                        | 3,08                        | 2,80                               | 5,50                          | 9,32  | 1,90                                     | 3,70                                   | 3,70   | 236                                  | 0,05                            | 25,5   | 56,1                            | 9,72                            | -                              | -                        | 721                                  |
| 06.2002 | 16              | 7,5                 | 2,50                         | 8,20 | 3,40                              | <0,0                                 | <0,00                        | 1,98                        | 2,96                               | 6,33                          | 10,9  | 1,77                                     | 2,80                                   | 3,50   | 149                                  | 0,06                            | 25,1   | 36,0                            | 12,16                           | 0,03                           | -                        | 90                                   |
| 07.2002 | 26              | 7,5                 | 1,85                         | 8,28 | 3,60                              | 0,05                                 | 0,003                        | 1,54                        | 3,70                               | 5,77                          | 8,76  | 1,80                                     | 2,80                                   | 3,70   | 247                                  | 0,05                            | 33,7   | 36,0                            | 12,16                           | -                              | -                        | 451                                  |
| 08.2002 | 21              | 15                  | 3,50                         | 8,27 | 3,00                              | 0,10                                 | 0,080                        | 0,99                        | 3,12                               | 5,34                          | 12,5  | 2,45                                     | 3,00                                   | 3,10   | 134                                  | 0,08                            | 24,3   | 38,0                            | 13,38                           | -                              | -                        | 235                                  |
| 09.2002 | 20              | 10                  | 1,75                         | 8,17 | 3,10                              | 0,40                                 | 0,020                        | 1,10                        | 2,00                               | 4,75                          | 11,1  | 1,87                                     | 2,85                                   | 3,20   | 174                                  | 0,08                            | 21,4   | 45,0                            | 7,30                            | 0,04                           | -                        | 157                                  |
| 10.2002 | 19              | 15                  | 1,50                         | 7,97 | 2,95                              | 0,05                                 | 0,003                        | 2,20                        | 2,56                               | 5,34                          | 9,79  | 2,04                                     | 3,00                                   | 3,05   | 138                                  | 0,06                            | 22,2   | 44,0                            | 9,73                            | -                              | -                        | 98                                   |
| 11.2002 | 18              | 5                   | 0,75                         | 8,08 | 3,60                              | 0,48                                 | 0,004                        | 2,64                        | 2,24                               | 3,60                          | 11,7  | 1,35                                     | 2,80                                   | 3,70   | 154                                  | 0,05                            | 23,0   | 44,0                            | 7,30                            | -                              | -                        | 59                                   |
| 12.2002 | 6               | 5                   | 0,25                         | 7,50 | 3,70                              | 0,09                                 | 0,003                        | 3,19                        | 4,00                               | 5,60                          | 9,42  | 1,16                                     | 2,90                                   | 3,80   | 172                                  | н/о                             | 21,8   | 42,0                            | 9,72                            | 0,03                           | -                        | 20                                   |

Продолжение таблицы А.1.4

| 1       | 2   | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8          | 9    | 10   | 11   | 12    | 13   | 14   | 15   | 16  | 17   | 18    | 19    | 20    | 21       | 22  | 23    |
|---------|-----|------|------|------|------|------|------------|------|------|------|-------|------|------|------|-----|------|-------|-------|-------|----------|-----|-------|
| 01.2003 | 3   | 10,0 | 1,00 | 8,16 | 3,60 | 0,09 | <0,00<br>3 | 2,71 | 2,24 | 5,00 | 13,1  | 1,50 | 4,00 | 3,70 | 198 | 0,05 | 35,40 | 46,09 | 20,60 | -        | -   | 314   |
| 02.2003 | -   | -    | -    | -    | -    | -    | -          | -    | -    | -    | -     | -    | -    | -    | -   | -    | -     | -     | -     | -        | -   | -     |
| 03.2003 | 5   | 5,0  | 0,75 | 8,30 | 3,90 | 0,06 | 0,003      | 3,52 | 1,76 | 4,40 | 12,8  | 1,60 | 3,90 | 4,00 | 197 | 0,05 | 32,50 | 44,08 | 20,60 | 0,0<br>4 | н/о | 294   |
| 04.2003 | 6   | 5,0  | 5,00 | 8,24 | 3,30 | 0,10 | 0,003      | 2,64 | 2,08 | 6,20 | 13,1  | 1,80 | 3,80 | 3,40 | 177 | 0,06 | 28,00 | 42,08 | 20,67 | -        | -   | 137   |
| 05.2003 | 19  | 20,0 | 2,00 | 8,35 | 3,50 | 0,05 | <0,00<br>3 | 1,87 | 2,32 | 6,60 | 11,9  | 3,24 | 3,40 | 3,60 | 167 | 0,08 | 27,20 | 42,08 | 15,80 | -        | -   | 235   |
| 06.2003 | 21  | 10,0 | 1,50 | 8,13 | 3,00 | 0,08 | 0,003      | 2,31 | 3,36 | 5,74 | 9,26  | 1,96 | 2,90 | 3,10 | 104 | 0,08 | 25,50 | 32,06 | 15,80 | 0,0<br>3 | н/о | 275   |
| 07.2003 | 23  | 10,0 | 2,50 | 8,38 | 2,40 | 0,20 | 0,015      | 0,52 | 3,28 | 4,75 | 11,5  | 1,62 | 3,25 | 2,50 | 119 | н/о  | 28,00 | 45,09 | 12,16 | -        | -   | 20    |
| 08.2003 | 25  | 20,0 | 2,00 | 8,45 | 2,85 | 0,25 | 0,070      | 0,89 | 1,92 | 6,00 | 11,9  | 1,43 | 3,00 | 2,95 | 109 | 0,09 | 18,50 | 44,08 | 9,72  | 0,0<br>2 | н/о | 216   |
| 09.2003 | 22  | 20,0 | 1,75 | 8,39 | 2,60 | 0,08 | 0,003      | 1,72 | 2,72 | 6,20 | 8,80  | 1,30 | 2,80 | 2,70 | 126 | 0,09 | 21,00 | 38,08 | 10,94 | -        | -   | 157   |
| 10.2003 | 15  | 7,5  | 2,25 | 8,18 | 2,60 | 0,09 | 0,003      | 0,59 | 3,12 | 5,09 | 11,6  | 1,40 | 3,50 | 2,70 | 170 | 0,08 | 19,80 | 48,09 | 13,37 | -        | -   | 1982  |
| 11.2003 | 11  | 20,0 | 2,50 | 8,16 | 3,10 | 0,29 | <0,00<br>3 | 2,71 | 2,24 | 5,09 | 11,1  | 2,50 | 2,80 | 3,20 | 198 | <0,1 | 20,80 | 36,09 | 12,06 | 0,1<br>0 | -   | 1545  |
| 12.2003 | 9   | 10,0 | 0,70 | 7,88 | 3,80 | 0,09 | 0,003      | 1,93 | 2,40 | 3,92 | 10,4  | 1,62 | 3,40 | 3,90 | 232 | <0,1 | 16,90 | 52,10 | 9,72  | -        | -   | 1182  |
| 01.2004 | 4   | 15,0 | 2,00 | 8,26 | 4,00 | 0,10 | 0,003      | 1,59 | 2,32 | 4,00 | 11,70 | 1,37 | 3,80 | 4,1  | 216 | <0,1 | 17,7  | 62,20 | 8,51  | -        | -   | 157   |
| 02.2004 | 3   | 20,0 | 2,00 | 8,08 | 4,00 | 0,06 | 0,010      | 0,02 | 2,48 | 5,20 | 13,10 | 1,08 | 3,60 | 4,1  | 208 | <0,1 | 18,9  | 58,10 | 8,51  | -        | -   | 1000  |
| 03.2004 | 6   | 15,0 | 2,00 | 8,19 | 4,40 | 0,05 | 0,003      | 3,86 | 2,40 | 4,80 | 13,40 | 1,27 | 3,70 | 4,5  | 216 | <0,1 | 26,7  | 60,12 | 8,50  | 0,0<br>4 | н/о | 255   |
| 04.2004 | 8   | 20,0 | 1,75 | 8,19 | 3,50 | 0,09 | 0,003      | 1,86 | 1,76 | 4,20 | 10,60 | 1,20 | 3,70 | 3,6  | 129 | 0,11 | 24,7  | 44,08 | 18,24 | -        | -   | 275   |
| 05.2004 | 9   | 20,0 | 2,25 | 8,12 | 3,50 | 0,10 | 0,003      | 1,45 | 2,24 | 6,40 | 10,20 | 1,50 | 3,00 | 3,6  | 135 | 0,10 | 23,5  | 48,09 | 7,30  | -        | -   | 686   |
| 06.2004 | 13  | 22,5 | 1,25 | 8,13 | 3,40 | 0,20 | 0,020      | 1,79 | 3,12 | 4,75 | 11,70 | 1,76 | 3,00 | 3,5  | 210 | 0,10 | 21,4  | 46,09 | 8,51  | -        | -   | 7273  |
| 07.2004 | 22  | 15,0 | 1,50 | 8,15 | 2,90 | 0,10 | 0,002      | 1,03 | 3,76 | 4,40 | 12,10 | 1,80 | 3,20 | 3,0  | 162 | <0,1 | 19,3  | 44,08 | 12,16 | 0,0<br>3 | н/о | 13636 |
| 08.2004 | 23  | 15,0 | 1,25 | 8,24 | 3,20 | 0,05 | 0,003      | 0,44 | 2,32 | 4,80 | 9,00  | 1,59 | 2,90 | 3,3  | 158 | <0,1 | 20,6  | 36,07 | 13,38 | -        | -   | 1727  |
| 09.2004 | 21  | 10,0 | 0,75 | 7,51 | 3,40 | 0,07 | 0,020      | 0,62 | 2,08 | 4,90 | 9,60  | 1,68 | 3,20 | 3,5  | 132 | <0,1 | 22,2  | 54,11 | 6,08  | -        | -   | 14545 |
| 10.2004 | 14  | 1,5  | 1,50 | 8,06 | 3,70 | 0,10 | 0,003      | 1,24 | 3,92 | 3,30 | 9,90  | 1,12 | 3,00 | 3,8  | 201 | <0,1 | 21,4  | 50,10 | 6,08  | 0,0<br>3 | н/о | 1351  |
| 11.2004 | 12  | 7,5  | 1,75 | 8,13 | 3,20 | 0,08 | 0,008      | 0,52 | 2,88 | 3,60 | 8,80  | 1,30 | 2,80 | 3,3  | 189 | <0,1 | 21,0  | 36,07 | 12,16 | -        | -   | 647   |
| 12.2004 | 8   | 20,0 | 1,00 | 8,12 | 4,20 | 0,10 | 0,003      | 1,24 | 2,88 | 4,80 | 9,40  | 1,16 | 3,30 | 4,3  | 198 | <0,1 | 20,2  | 52,10 | 8,51  | -        | -   | 1622  |
| 01.2005 | 6,0 | 20   | 1,50 | 7,86 | 3,90 | 0,08 | 0,008      | 1,44 | 2,16 | 5,50 | 12,72 | 1,96 | 2,90 | 4,00 | 212 | 0,11 | 20,69 | 46,09 | 7,29  | 0,0      | н/о | 2181  |
| 02.2005 | 3,0 | 15   | 1,50 | 7,92 | 3,60 | 0,08 | 0,010      | 0,97 | 2,40 | 4,00 | 12,15 | 1,80 | 3,50 | 3,70 | 147 | 0,10 | 20,98 | 52,10 | 10,94 | -        | -   | 118   |
| 03.2005 | 5,0 | 15   | 3,50 | 7,94 | 3,80 | 0,05 | 0,004      | 2,06 | 2,00 | 5,60 | 11,10 | 1,85 | 3,60 | 3,90 | 186 | 0,11 | 19,75 | 50,10 | 13,38 | -        | -   | 118   |
| 04.2005 | 8,0 | 12,5 | 2,50 | 7,90 | 3,90 | <0,0 | 0,003      | 2,00 | 2,08 | 5,05 | 11,01 | 1,69 | 3,80 | 4,00 | 194 | 0,12 | 20,16 | 48,09 | 17,02 | -        | -   | 1091  |
| 05.2005 | 15, | 12,5 | 2,50 | 7,89 | 3,75 | 0,08 | 0,070      | 0,28 | 2,00 | 5,15 | 11,10 | 1,85 | 3,90 | 3,85 | 186 | 0,12 | 20,99 | 46,09 | 19,46 | -        | -   | 2000  |
| 06.2005 | 15, | 10   | 2,50 | 8,06 | 3,00 | 0,05 | 0,010      | 0,83 | 2,32 | 5,94 | 10,42 | 1,62 | 3,30 | 3,10 | 157 | 0,10 | 23,04 | 40,08 | 15,80 | -        | -   | 9091  |
| 07.2005 | 17, | 7,5  | 1,50 | 8,23 | 2,40 | 0,05 | 0,003      | 0,55 | 2,96 | 4,20 | 10,60 | 1,50 | 2,90 | 2,50 | 164 | 0,11 | 21,39 | 40,08 | 10,94 | -        | -   | 1081  |
| 08.2005 | 21, | 10   | 2,00 | 8,18 | 2,40 | 0,08 | 0,050      | 0,62 | 3,60 | 7,20 | 10,25 | 1,75 | 2,80 | 2,50 | 172 | 0,14 | 22,20 | 38,08 | 10,94 | -        | -   | 7272  |
| 09.2005 | 16, | 10   | 2,00 | 8,25 | 2,50 | 0,50 | 0,400      | <0,2 | 2,96 | 5,20 | 12,50 | 1,80 | 2,70 | 2,60 | 139 | <0,1 | 21,40 | 36,07 | 10,94 | 0,0      | н/о | 12727 |
| 10.2005 | 13, | 25   | 9,50 | 7,05 | 3,30 | 0,08 | 0,070      | 2,00 | 2,08 | 5,74 | 11,02 | 1,78 | 3,30 | 3,40 | 164 | 0,11 | 20,58 | 40,08 | 15,80 | -        | -   | 10000 |
| 11.2005 | 11, | 20   | 1,75 | 7,89 | 4,00 | 0,05 | 0,003      | 1,72 | 3,60 | 7,52 | 10,70 | 1,67 | 3,30 | 4,10 | 147 | 0,10 | 22,22 | 38,08 | 17,02 | -        | -   | 631   |
| 12.2005 | 5,0 | 5    | 0,75 | 7,71 | 4,00 | 0,05 | 0,003      | 3,45 | 1,68 | 5,54 | 11,20 | 1,70 | 3,50 | 4,10 | 169 | 0,10 | 20,98 | 42,08 | 17,02 | 0,0      | н/о | 314   |
| 01.2006 | 4   | 10,0 | 1,00 | 7,74 | 3,80 | 0,05 | 0,003      | 3,17 | 1,76 | 5,60 | 12,72 | 1,96 | 3,40 | 3,90 | 159 | 0,11 | 20,16 | 34,07 | 20,67 | 0,0      | н/о | 20    |
| 02.2006 | 3   | 20,0 | 5,00 | 7,25 | 3,75 | 0,05 | 0,003      | 3,17 | 2,32 | 7,70 | 11,10 | 1,85 | 3,00 | 3,85 | 158 | 0,10 | 19,34 | 36,07 | 14,59 | -        | -   | 2162  |
| 03.2006 | 4   | 20,0 | 3,00 | 7,82 | 3,80 | 0,14 | 0,070      | 1,93 | 2,08 | 4,80 | 12,15 | 1,80 | 3,40 | 3,90 | 170 | 0,10 | 20,16 | 44,08 | 14,59 | -        | -   | 20    |
| 04.2006 | 6   | 15,0 | 2,50 | 8,06 | 3,20 | 0,10 | 0,006      | 1,38 | 1,92 | 4,20 | 11,10 | 1,85 | 2,90 | 3,30 | 167 | 0,11 | 18,10 | 38,08 | 12,16 | -        | -   | 118   |
| 05.2006 | 12  | 7,5  | 2,00 | 7,88 | 3,50 | 0,05 | 0,003      | 1,85 | 2,32 | 4,36 | 11,02 | 1,78 | 2,90 | 3,60 | 159 | 0,10 | 18,93 | 50,10 | 14,86 | -        | -   | 20    |
| 06.2006 | 23  | 10,0 | 3,00 | 8,02 | 2,80 | 0,08 | 0,003      | 2,35 | 2,40 | 4,36 | 11,10 | 1,85 | 2,80 | 2,90 | 137 | 0,10 | 19,75 | 32,06 | 14,59 | 0,0      | н/о | 273   |



Продолжение таблицы А.1.4

|         |     |      |      |      |      |      |       |      |      |      |       |      |      |      |      |      |       |       |       |     |     |      |
|---------|-----|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-----|-----|------|
| 1       | 2   | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8     | 9    | 10   | 11   | 12    | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18    | 19    | 20    | 21  | 22  | 23   |
| 07.2006 | 24  | 5,0  | 3,05 | 8,18 | 2,90 | 0,80 | 0,039 | 2,24 | 2,16 | 7,43 | 10,70 | 1,80 | 2,80 | 3,00 | 149, | 0,11 | 18,51 | 32,06 | 14,60 | 0,0 | н/о | 59   |
| 08.2006 | 21  | 10,0 | 2,00 | 7,48 | 3,00 | 0,10 | 0,040 | 2,42 | 2,24 | 6,00 | 11,10 | 1,85 | 2,70 | 3,10 | 136, | 0,10 | 19,34 | 36,07 | 10,90 | -   | -   | 98   |
| 09.2006 | 12  | 15,0 | 2,50 | 7,80 | 3,00 | 0,10 | 0,070 | 2,66 | 1,84 | 6,14 | 11,20 | 1,70 | 2,90 | 3,10 | 148, | 0,10 | 20,16 | 34,08 | 12,16 | -   | -   | 216  |
| 10.2006 | 8   | 25,0 | 5,50 | 7,94 | 2,90 | 0,10 | 0,004 | 1,00 | 2,64 | 6,53 | 11,10 | 1,85 | 2,80 | 3,00 | 151, | 0,10 | 18,93 | 34,07 | 13,38 | -   | -   | 2162 |
| 11.2006 | 7   | 15,0 | 6,50 | 8,09 | 3,70 | 0,10 | 0,006 | 2,00 | 1,68 | 4,55 | 11,20 | 1,71 | 3,90 | 3,80 | 237, | 0,11 | 19,75 | 48,10 | 18,24 | 0,0 | н/о | 235  |
| 12.2006 | 4   | 10,0 | 0,75 | 8,09 | 4,40 | 0,05 | 0,050 | 2,67 | 2,08 | 3,80 | 11,10 | 1,80 | 3,00 | 4,50 | 218, | 0,11 | 20,16 | 48,09 | 7,29  | -   | -   | 196  |
| 01.2007 | 4,0 | 10,0 | 2,00 | 7,95 | 3,20 | 0,05 | 0,003 | 1,33 | 1,68 | 5,60 | 12,72 | 1,96 | 3,2  | 3,30 | 198, | 0,11 | 18,93 | 50,10 | 8,51  | -   | -   | <9   |
| 02.2007 | 4,0 | 10,0 | 1,50 | 8,10 | 3,70 | 0,08 | 0,003 | 3,67 | 1,85 | 4,00 | 11,97 | 1,87 | 3,0  | 3,80 | 188, | 0,10 | 18,10 | 48,09 | 7,30  | -   | -   | <20  |
| 03.2007 | 3,0 | 10,0 | 1,75 | 7,96 | 3,90 | <0,0 | 0,004 | 2,00 | 1,60 | 5,20 | 10,86 | 1,90 | 3,4  | 4,00 | 201, | 0,10 | 18,52 | 54,10 | 8,50  | 0,0 | н/о | 118  |
| 04.2007 | 8,0 | 20,0 | 2,25 | 7,73 | 4,00 | <0,0 | 0,004 | 2,07 | 2,00 | 5,80 | 10,70 | 1,96 | 3,2  | 4,10 | 198, | 0,11 | 19,75 | 52,10 | 7,56  | -   | -   | 1090 |
| 05.2007 | 10, | 10,0 | 2,50 | 7,74 | 3,30 | 0,05 | 0,005 | 0,70 | 1,76 | 5,80 | 10,57 | 1,88 | 3,4  | 3,40 | 198, | 0,14 | 20,16 | 52,10 | 9,73  | -   | -   | 333  |
| 06.2007 | 13, | 5,0  | 1,25 | 7,83 | 3,15 | 0,06 | 0,004 | 1,33 | 1,48 | 4,00 | 12,72 | 1,96 | 3,2  | 3,25 | 183, | 0,11 | 19,34 | 0,00  | 7,29  | 0,0 | н/о | 2000 |
| 07.2007 | 18, | 20,0 | 4,00 | 7,79 | 3,00 | 0,08 | 0,005 | 2,67 | 2,08 | 5,15 | 12,13 | 1,80 | 2,8  | 3,10 | 190, | 0,10 | 18,52 | 34,07 | 13,38 | -   | -   | 1272 |
| 08.2007 | 22, | 10,0 | 7,50 | 7,38 | 2,60 | 0,07 | 0,005 | 0,63 | 3,04 | 6,14 | 12,50 | 1,76 | 2,7  | 2,70 | 198, | 0,13 | 19,54 | 37,07 | 10,34 | -   | -   | 470  |
| 09.2007 | 23, | 20,0 | 9,50 | 7,81 | 2,80 | 0,08 | 0,004 | 6,13 | 3,60 | 6,00 | 11,20 | 1,70 | 2,7  | 2,90 | 186, | 0,14 | 20,37 | 36,07 | 10,94 | 0,0 | н/о | 1818 |
| 10.2007 | 14, | 15,0 | 5,50 | 7,74 | 2,70 | 0,05 | 0,004 | 3,33 | 3,04 | 4,20 | 11,60 | 1,80 | 2,8  | 2,80 | 163, | 0,14 | 21,08 | 46,09 | 6,08  | -   | -   | 314  |
| 11.2007 | 8,0 | 10,0 | 5,50 | 7,28 | 4,00 | 0,06 | 0,005 | 5,67 | 2,24 | 5,54 | 12,15 | 1,80 | 2,9  | 4,10 | 179, | 0,13 | 21,40 | 38,07 | 12,16 | -   | -   | 117  |
| 12.2007 | 6,0 | 10,0 | 6,00 | 7,32 | 3,85 | 0,07 | 0,006 | 6,40 | 2,40 | 5,94 | 11,10 | 1,85 | 3,0  | 3,95 | 193, | 0,14 | 20,58 | 40,08 | 12,16 | 0,0 | н/о | 176  |

Таблица А.1.5 - Результаты химических анализов воды из РЧВ Симферопольского гидроузла (воды, прошедшей очистку)

| Дата    | Температура, °С | Цветность, град ПКШ | Мутность, мг/дм <sup>3</sup> | pH        | Аммоний солевой, г/дм <sup>3</sup> | Нитриты, мг/дм <sup>3</sup> | Нитраты, мг/дм <sup>3</sup> | Окисляемость, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | Хлориды, мг/дм <sup>3</sup> | Железо (Fe), мг/дм <sup>3</sup> | Алюминий (Al), мг/дм <sup>3</sup> | Щёлочность, моль/дм <sup>3</sup> |
|---------|-----------------|---------------------|------------------------------|-----------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1       | 2               | 3                   | 4                            | 5         | 6                                  | 7                           | 8                           | 9   | 10                          | 11                              | 12                                | 13                               |
| 01.2000 | 3,0-4,0         | 5,0-10,0            | 0,50-1,50                    | 7,40-7,80 | <0,025-0,075                       | <0,022-0,003                | 1,00-8,80                   | 1,60-3,20                                       | 14,9-20,0                   | 0,03-0,08                       | <0,025-0,069                      | 2,5-4,5                          |
| 02.2000 | 3,0             | 5,0-10,0            | 0,25-1,50                    | 7,50-8,15 | <0,025-0,025                       | <0,002                      | 6,60-7,48                   | 1,76-2,56                                       | 14,7-21,1                   | 0,02-0,08                       | <0,025-0,025                      | 3,7-4,0                          |
| 03.2000 | 3,0-4,0         | 5,0                 | 0,30-1,00                    | 7,90-8,25 | <0,025-0,050                       | <0,003                      | 5,90-10,50                  | 1,20-2,40                                       | 19,2-20,8                   | <0,05-0,05                      | <0,025-0,055                      | 3,8-4,2                          |
| 04.2000 | 4,0-6,0         | 5,0                 | 0,40-1,50                    | 7,90-8,20 | <0,050                             | <0,003                      | 10,10-10,70                 | 1,92-2,96                                       | 20,2-24,0                   | <0,05-0,05                      | <0,05                             | 3,8-4,2                          |
| 05.2000 | 6,0-9,0         | 5,0                 | 0,25-0,75                    | 7,70-8,00 | <0,050                             | <0,003                      | 2,72-10,50                  | 2,40-2,72                                       | 18,2-21,0                   | <0,05                           | <0,05                             | 3,9-4,0                          |
| 06.2000 | 10,0-11,0       | 5,0                 | 0,30-0,50                    | 7,70-8,00 | <0,050                             | <0,003                      | 7,70-9,90                   | 2,48-3,84                                       | 18,4-23,7                   | <0,05                           | <0,05                             | 3,9-4,2                          |
| 07.2000 | 10,0-12,0       | 5,0                 | 0,25-0,60                    | 7,70-7,80 | <0,050                             | <0,003                      | 6,60-7,70                   | 2,72-5,30                                       | 15,9-26,9                   | <0,05                           | <0,05                             | 3,6-4,1                          |
| 08.2000 | 11,0-13,0       | 5,0                 | 0,40-1,25                    | 7,70-7,80 | <0,050                             | <0,003                      | 3,30-7,70                   | 2,96-8,56                                       | 15,1-19,7                   | <0,05                           | <0,05                             | 4,0-4,2                          |
| 09.2000 | 10,0-12,0       | 5,0                 | 0,50-1,50                    | 7,80-8,40 | <0,050                             | <0,003                      | 2,48-6,05                   | 2,26-6,05                                       | 16,2-19,1                   | <0,05                           | <0,05                             | 3,8-4,2                          |
| 10.2000 | 10,0-12,0       | 5,0                 | 0,50-0,80                    | 7,80-8,40 | <0,050                             | <0,003                      | 3,30-3,85                   | 2,80-4,16                                       | 12,0-22,1                   | 0,05-0,16                       | <0,05                             | 2,9-3,1                          |
| 11.2000 | 10,0-12,0       | 5,0                 | 0,50-0,75                    | 8,15-8,40 | <0,050                             | <0,003                      | 2,32-4,40                   | 1,68-2,72                                       | 19,3-22,8                   | <0,05                           | <0,05                             | 2,9-3,0                          |
| 12.2000 | 10,0-12,0       | 5,0                 | 0,50-0,75                    | 8,20-8,40 | <0,050                             | <0,003                      | 2,20-4,40                   | 2,40-3,96                                       | 19,0-20,9                   | <0,05                           | <0,05                             | 2,9-3,1                          |
| 01.2001 | 5,0-8,0         | 5,0                 | 0,50-0,75                    | 8,00-8,30 | <0,050                             | <0,003                      | <0,50-4,40                  | 2,16-4,56                                       | 19,57-22,80                 | <0,05                           | <0,05                             | 2,90-3,00                        |
| 02.2001 | 6,0             | 5,0                 | 0,50-0,75                    | 8,20-8,40 | <0,050                             | <0,003                      | <0,50-4,40                  | 2,16-4,24                                       | 20,00-22,40                 | <0,05                           | <0,05                             | 3,00-3,20                        |

| 1       | 2         | 3        | 4          | 5         | 6          | 7      | 8         | 9         | 10          | 11         | 12         | 13        |
|---------|-----------|----------|------------|-----------|------------|--------|-----------|-----------|-------------|------------|------------|-----------|
| 03.2001 | 6,0-7,0   | 5,0      | 0,50-0,75  | 7,90-8,40 | <0,050     | <0,003 | 2,20-4,40 | 2,8-4,24  | 20,20-20,60 | <0,05      | <0,05      | 3,00-3,10 |
| 04.2001 | 6,0-7,0   | 5,0      | 0,50-0,75  | 7,90      | <0,050     | <0,003 | 2,20-3,30 | 1,76-3,30 | 20,00-20,40 | <0,05      | <0,05      | 2,90-3,20 |
| 05.2001 | 7,0-9,0   | 5,0      | 0,50-0,75  | 7,30-7,90 | <0,050     | <0,003 | 2,75-3,30 | 2,64-3,92 | 19,00-20,40 | <0,05      | <0,05      | 3,20-3,40 |
| 06.2001 | 9,0-12,0  | 5,0      | 0,50-0,75  | 7,20-7,40 | <0,050     | <0,003 | 2,20-2,75 | 2,96-4,16 | 16,00-19,60 | <0,05      | <0,05      | 3,20-3,40 |
| 07.2001 | 12,0-17,0 | 5,0      | 0,50-0,75  | 7,20-7,40 | <0,050     | <0,003 | 1,10-3,30 | 1,36-3,36 | 16,40-19,00 | <0,05      | <0,05      | 3,40      |
| 08.2001 | 17,0-18,0 | 5,0      | 0,50-0,75  | 7,30-7,40 | <0,050     | <0,003 | 2,70-3,30 | 2,40-3,36 | 16,20-20,60 | <0,05      | <0,05      | 3,20-3,40 |
| 09.2001 | 17,0-18,0 | 5,0      | 0,50-0,75  | 7,30-7,70 | <0,050     | <0,003 | 2,75-3,30 | 3,20-4,72 | 20,00-21,60 | <0,05      | <0,05      | 2,50-3,20 |
| 10.2001 | 11,0-17,0 | 5,0      | 0,50-0,75  | 7,40-7,60 | <0,050     | <0,003 | 2,20-3,30 | 3,12-3,52 | 20,20-20,60 | <0,05      | <0,05      | 2,50-3,20 |
| 11.2001 | 8,0-11,0  | 5,0      | 0,50-0,75  | 7,40-7,70 | <0,050     | <0,003 | 2,20-2,75 | 2,16-3,60 | 19,00-21,40 | <0,05-0,05 | <0,05      | 2,60-3,10 |
| 12.2001 | 4,0-8,0   | 5,0      | 0,50-1,00  | 7,10-7,70 | <0,050     | <0,003 | 1,76-2,75 | 2,40-3,92 | 19,40-23,20 | <0,05      | <0,05      | 2,60-3,10 |
| 01.2002 | 3,0-4,0   | 5,0      | 0,50-1,50  | 6,95-7,40 | <0,05      | <0,003 | 2,20-4,24 | 2,60-4,40 | 19,6-26,0   | <0,05      | <0,05      | 3,20-3,50 |
| 02.2002 | 4,0-5,0   | 5,0      | 0,50-1,00  | 7,30-7,50 | <0,05      | <0,003 | 2,02-5,50 | 2,72-3,84 | 17,6-20,4   | <0,05      | <0,05      | 3,20-3,40 |
| 03.2002 | 5,0-9,0   | 5,0-20,0 | 0,50-10,00 | 7,01-7,50 | <0,05      | <0,003 | 2,75-5,50 | 1,60-4,24 | 17,8-22,0   | <0,05      | <0,05      | 3,30-3,50 |
| 04.2002 | 7,0-9,0   | 5,0-10,0 | 0,50-2,00  | 7,00-7,75 | <0,05      | <0,003 | 2,75-4,4  | 2,00-4,00 | 13,6-24,0   | <0,05      | <0,05      | 3,00-3,30 |
| 05.2002 | 7,0-12,0  | 5,0      | 0,50-0,75  | 7,50-7,70 | <0,05      | <0,003 | 2,20-4,40 | 1,60-4,00 | 13,6-15,0   | <0,05      | <0,05      | 3,30-3,50 |
| 06.2002 | 11,0-14,0 | 5,0      | 0,50-0,75  | 7,00-7,60 | <0,05      | <0,003 | 2,75-3,96 | 1,68-4,00 | 13,6-17,0   | <0,05      | <0,05      | 3,20-3,50 |
| 07.2002 | 15,0-20,0 | 5,0      | 0,25-1,00  | 7,30-7,50 | <0,05      | <0,003 | 2,20-4,95 | 2,56-3,60 | 14,8-19,0   | <0,05-0,06 | <0,05-0,30 | 3,00-3,40 |
| 08.2002 | 19,0-21,0 | 5,0      | 0,25-1,75  | 7,30-8,05 | <0,05      | <0,003 | 1,10-2,20 | 2,40-3,92 | 13,6-17,2   | <0,05      | <0,05      | 3,10-2,70 |
| 09.2002 | 19,0-20,0 | 5,0      | 0,25-1,50  | 7,50-7,90 | <0,05      | <0,003 | 0,82-1,56 | 1,56-4,56 | 14,6-15,6   | <0,05      | <0,05      | 2,50-2,70 |
| 10.2002 | 12,0-18,0 | 5,0      | 0,50-1,50  | 7,70-7,90 | <0,05-0,06 | <0,003 | 1,32-1,56 | 1,60-5,36 | 14,0-15,6   | <0,05      | <0,05      | 2,60-2,80 |
| 11.2002 | 9,0-12,0  | 5,0      | 0,25-1,50  | 7,50-8,20 | <0,05      | <0,003 | 1,10-3,85 | 1,36-3,30 | 13,6-14,8   | <0,05      | <0,05      | 2,70-3,60 |
| 12.2002 | 2,0-9,0   | 5,0      | 0,25-1,00  | 7,50-8,30 | <0,05      | <0,003 | 3,85-6,49 | 2,32-4,16 | 13,4-17,2   | <0,05      | <0,05      | 3,50-3,80 |
| 01.2003 | 2,0-4,0   | 5,0      | 0,50-0,75  | 8,10-8,50 | <0,05      | <0,003 | 4,37-6,49 | 2,50-3,28 | 14,4-16,2   | <0,05      | <0,05      | 3,70-3,80 |
| 02.2003 | 2,0-5,0   | 5,0      | 0,50-1,75  | 8,00-8,30 | <0,05      | <0,003 | 3,30-6,60 | 1,84-4,24 | 14,0-16,0   | <0,05-0,07 | <0,05-0,08 | 3,70-3,90 |
| 03.2003 | 2,0-4,0   | 5,0      | 0,50-1,25  | 8,00-8,40 | <0,05      | <0,003 | 3,85-6,82 | 2,16-4,16 | 14,0-14,8   | 0,03-0,05  | 0,05-0,08  | 3,70-3,90 |
| 04.2003 | 4,0-7,0   | 5,0      | 0,50-1,00  | 8,00-8,50 | <0,05      | <0,003 | 3,08-5,50 | 2,96-3,92 | 13,8-15,6   | 0,05-0,10  | <0,05      | 2,96-4,20 |
| 05.2003 | 8,0-9,0   | 5,0      | 0,50-1,25  | 7,70-8,40 | <0,05      | <0,003 | 2,09-5,17 | 1,36-4,80 | 14,0-15,6   | <0,05-0,08 | <0,05      | 3,70-3,90 |
| 06.2003 | 9,0-10,0  | 5,0      | 0,50-1,00  | 7,20-7,90 | <0,05      | <0,003 | 2,20-8,80 | 2,40-3,60 | 14,0-15,2   | <0,05-0,07 | <0,05      | 3,40-4,10 |
| 07.2003 | 9,0-10,0  | 5,0      | 0,25-1,00  | 7,20-7,90 | <0,05      | <0,003 | 4,40-5,03 | 3,20-3,92 | 14,4-15,6   | <0,05-0,07 | <0,05      | 3,80-4,30 |
| 08.2003 | 10,0-11,0 | 5,0      | 0,25-0,75  | 7,40-7,80 | <0,05      | <0,003 | 2,80-4,63 | 1,36-3,20 | 14,8-19,2   | <0,05-0,10 | <0,05      | 3,90-4,30 |

| 1       | 2         | 3         | 4          | 5         | 6      | 7            | 8         | 9         | 10          | 11         | 12         | 13        |
|---------|-----------|-----------|------------|-----------|--------|--------------|-----------|-----------|-------------|------------|------------|-----------|
| 09.2003 | 11,0-14,0 | 5,0-7,5   | 0,50-1,25  | 7,50-7,80 | <0,05  | <0,003       | 1,37-2,20 | 2,64-4,56 | 14,4-21,6   | <0,05-0,10 | <0,05      | 3,10-4,10 |
| 10.2003 | 12,0-15,0 | 5,0-8,0   | 0,50-1,50  | 7,60-7,95 | <0,05  | <0,003-0,004 | 0,24-2,20 | 2,72-4,88 | 16,4-21,6   | <0,05-0,08 | <0,05      | 3,00-3,80 |
| 11.2003 | 7,0-12,0  | 2,5-10,0  | 0,50-1,70  | 7,60-8,20 | <0,05  | <0,003-0,003 | 1,10-2,55 | 3,08-4,16 | 15,6-20,4   | <0,05-0,10 | <0,05      | 2,80-3,30 |
| 12.2003 | 4,0-7,0   | 5,0-7,5   | 0,25-1,20  | 7,60-8,45 | <0,05  | <0,003       | 1,37-2,14 | 2,56-3,52 | 16,0-19,7   | 0,04-0,05  | <0,05      | 3,00-3,20 |
| 01.2004 | 2,0-4,0   | 5,0-10,0  | 0,29-2,00  | 7,6-8,01  | <0,05  | <0,003       | 1,37-3,47 | 1,76-3,68 | 15,6-19,6   | <0,05-0,30 | <0,05-0,25 | 3,00-3,50 |
| 02.2004 | 2,0-3,0   | 5,0-7,5   | 0,29-1,70  | 7,40-7,90 | <0,05  | <0,003       | 1,00-4,00 | 1,50-2,72 | 14,6-17,4   | <0,05-0,30 | <0,05-0,10 | 3,20-3,40 |
| 03.2004 | 3,0-6,0   | 7,5       | 0,29-1,70  | 7,50-7,90 | <0,05  | <0,003       | 3,83-4,50 | 1,12-2,09 | 14,8-17,2   | <0,05-0,12 | 0,06-0,10  | 3,40-3,80 |
| 04.2004 | 6,0-9,0   | 7,5       | 0,29-0,87  | 7,80-8,00 | <0,05  | <0,003       | 3,52-4,80 | 1,08-2,16 | 14,6-17,2   | <0,05-0,12 | 0,07-0,10  | 3,60-3,80 |
| 05.2004 | 9,0-10,0  | 5,0-7,5   | 0,25-1,00  | 7,70-7,90 | <0,05  | <0,003       | 2,70-4,80 | 0,90-2,88 | 13,6-17,2   | <0,05-0,10 | <0,05-0,12 | 3,60-3,70 |
| 06.2004 | 9,0-13,0  | 5,0       | 0,25-0,75  | 7,48-7,70 | <0,05  | <0,003       | 3,00-4,16 | 1,47-2,80 | 12,0-18,2   | <0,05-0,10 | <0,05-0,07 | 3,40-3,70 |
| 07.2004 | 10,0-13,0 | 2,5-5,0   | 0,25-0,75  | 7,40-7,55 | <0,05  | <0,003       | 3,4-4,70  | 2,08-4,16 | 14,8-18,8   | <0,05-0,08 | <0,05      | 3,50-3,70 |
| 08.2004 | 11,0-13,0 | 2,5       | 0,25-0,25  | 7,30-7,55 | <0,05  | <0,003       | 2,80-4,00 | 0,77-3,60 | 12,4-17,6   | <0,05-0,09 | <0,05      | 3,50-3,70 |
| 09.2004 | 12,0-14,0 | 2,5       | 0,25       | 7,30-7,50 | <0,05  | <0,003       | 1,80-3,08 | 1,15-2,96 | 13,6-18,2   | <0,05-0,07 | <0,05      | 3,50-3,70 |
| 10.2004 | 12,0-14,0 | 2,5       | 0,25-0,75  | 7,35-7,80 | <0,05  | <0,003       | 1,60-3,28 | 1,73-4,40 | 16,8-19,0   | <0,05-0,08 | <0,05      | 3,30-3,80 |
| 11.2004 | 7,0-12,0  | 2,5       | 0,25-0,75  | 7,70-7,90 | <0,05  | <0,003       | 2,00-3,79 | 2,48-4,68 | 16,0-18,0   | <0,05-0,08 | <0,05      | 3,40-3,55 |
| 12.2004 | 3,0-8,0   | 2,5       | 0,25-0,75  | 7,80-7,95 | <0,05  | <0,003       | 2,13-4,53 | 2,16-5,36 | 16,0-18,8   | <0,05-0,06 | <0,05      | 3,45-3,65 |
| 01.2005 | 3-4       | 2,5       | 0,25-0,75  | 7,95-8,00 | <0,050 | <0,003       | 2,47-4,13 | 4,54-5,36 | 16,40-17,40 | <0,10      | <0,05      | 3,55-3,65 |
| 02.2005 | 1-3       | 2,5-5,0   | 0,25-0,75  | 7,90-8,05 | <0,050 | <0,003       | 2,67-4,40 | 2,16-5,36 | 15,00-17,60 | <0,10      | <0,05      | 3,50-3,75 |
| 03.2005 | 2-4       | 5,0       | 0,25-0,75  | 7,90-8,10 | <0,050 | <0,003       | 2,56-4,66 | 1,84-5,06 | 16,00-17,60 | <0,10      | <0,05      | 3,60-3,80 |
| 04.2005 | 3-7       | 5,0       | 0,25-0,75  | 7,95-8,10 | <0,050 | <0,003       | 3,27-4,53 | 1,76-4,20 | 14,60-17,20 | <0,10      | <0,05      | 3,65-3,90 |
| 05.2005 | 7-9       | 2,5-5,0   | 0,25       | 7,40-7,70 | <0,050 | <0,003       | 3,27-4,33 | 1,15-2,72 | 16,40-18,00 | <0,10      | <0,05      | 3,60-3,75 |
| 06.2005 | 8-10      | 2,5       | 0,25-0,50  | 7,40-7,70 | <0,050 | <0,003       | 3,27-4,33 | 1,36-3,12 | 17,00-18,40 | <0,10      | <0,05      | 3,60-3,80 |
| 07.2005 | 9-10      | <5,0      | <0,50      | 7,40-7,60 | <0,050 | <0,003       | 2,87-3,87 | 1,09-2,24 | 16,60-19,00 | <0,10      | н/обн      | 3,60-3,75 |
| 08.2005 | 9-11      | <5,0      | <0,50      | 7,25-7,50 | <0,050 | <0,003       | 2,13-3,93 | 1,08-3,28 | 16,60-18,20 | <0,10      | <0,05      | 3,65-3,80 |
| 09.2005 | 10-12     | <5,0      | <0,50      | 7,25-7,40 | <0,050 | <0,003       | 0,73-3,40 | 1,36-2,08 | 17,80-21,00 | <0,10      | н/обн      | 3,60-3,75 |
| 10.2005 | 10-12     | <5,0-15,0 | <0,50-0,50 | 7,25-7,65 | <0,050 | <0,003       | 0,87-1,40 | 1,28-3,24 | 18,20-19,90 | <0,10      | н/обн      | 2,90-3,80 |
| 11.2005 | 7-11      | <5,0-10,0 | <0,50-0,75 | 7,50-7,80 | <0,050 | <0,003       | 1,00-1,87 | 1,66-3,96 | 17,80-19,80 | <0,10      | <0,05      | 2,90-3,20 |
| 12.2005 | 5-8       | <5,0-5,0  | <0,50      | 7,70-7,80 | <0,050 | <0,003       | 1,67-2,80 | 1,58-2,56 | 15,60-18,40 | <0,10      | <0,05      | 3,00-3,10 |
| 01.2006 | 5,0       | 10,0      | 1,00       | 7,81      | <0,050 | <0,003       | 3,31      | 3,04      | 17,20       | <0,10      | <0,05      | 3,10      |
| 02.2006 | 7,0       | 5,0       | 0,50       | 7,76      | <0,050 | <0,003       | 3,38      | 2,24      | 19,20       | <0,10      | <0,05      | 3,00      |
| 03.2006 | 6,0       | 10,0      | 1,00       | 7,89      | <0,050 | <0,003       | 3,24      | 2,64      | 18,40       | <0,10      | <0,05      | 3,80      |

| 1       | 2    | 3           | 4          | 5         | 6      | 7      | 8         | 9         | 10          | 11    | 12            | 13        |
|---------|------|-------------|------------|-----------|--------|--------|-----------|-----------|-------------|-------|---------------|-----------|
| 04.2006 | 7,0  | 5,0         | 0,50       | 7,91      | <0,050 | <0,003 | 2,62      | 2,00      | 16,40       | <0,10 | 0,05          | 3,10      |
| 05.2006 | 11,0 | 7,5         | 0,25       | 7,63      | <0,050 | <0,003 | 4,44      | 2,72      | 19,40       | <0,10 | 0,06          | 4,00      |
| 06.2006 | 10,0 | 5,0         | 0,50       | 7,60      | <0,050 | <0,003 | 3,46      | 2,40      | 16,83       | <0,10 | <0,05         | 3,60      |
| 07.2006 | 14,0 | 5,0         | 0,25       | 7,41      | <0,050 | <0,003 | 3,36      | 2,56      | 17,82       | <0,10 | <0,05         | 3,60      |
| 08.2006 | 12,0 | 5,0         | 0,50       | 7,45      | <0,050 | <0,003 | 2,26      | 2,24      | 18,10       | <0,10 | <0,05         | 3,40      |
| 09.2006 | 11,0 | 5,0         | 0,50       | 7,61      | <0,050 | <0,003 | 1,73      | 1,60      | 21,00       | <0,10 | <0,05         | 3,85      |
| 10.2006 | 9,0  | 5,0         | 0,50       | 7,35      | <0,050 | <0,003 | 1,67      | 2,04      | 20,40       | <0,10 | 0,06          | 3,40      |
| 11.2006 | 8,0  | 5,0         | 0,75       | 7,51      | <0,050 | <0,003 | 1,60      | 2,56      | 19,00       | <0,10 | 0,05          | 3,05      |
| 12.2006 | 5,0  | 5,0         | 0,25       | 7,83      | <0,050 | <0,003 | 1,67      | 2,80      | 18,40       | <0,10 | 0,06          | 3,70      |
| 01.2007 |      | <5,00-5,00  | <0,50-0,75 | 7,80-8,00 | <0,050 | <0,003 | 1,00-3,60 | 2,52-3,52 | 16,00-19,40 | <0,10 | -             | 3,05-3,10 |
| 02.2007 |      | <5,00-10,00 | <0,50-1,25 | 7,85-7,95 | <0,050 | <0,003 | 1,80-2,40 | 1,87-2,80 | 16,10-18,10 | <0,10 | -             | 305-3,35  |
| 03.2007 |      | <5,00-10,00 | <0,50-0,75 | 7,95-8,05 | <0,050 | <0,003 | 1,20-3,20 | 2,16-2,96 | 16,40-18,20 | <0,10 | н/обн         | 3,30-3,45 |
| 04.2007 |      | <5,00-7,50  | <0,50      | 7,85-8,05 | <0,050 | <0,003 | 1,40-5,00 | 2,08-2,96 | 16,60-17,40 | <0,10 | н/обн         | 3,40-3,68 |
| 05.2007 |      | <5,00-7,50  | <0,50      | 7,70-7,90 | <0,050 | <0,003 | 2,00-3,80 | 1,51-2,80 | 16,60-18,00 | <0,10 | н/обн         | 3,55-3,63 |
| 06.2007 |      | 5,00-7,50   | <0,50      | 7,55-7,75 | <0,050 | <0,003 | 2,40-5,20 | 1,60-2,48 | 17,00-17,80 | <0,10 | н/обн         | 3,50-3,65 |
| 07.2007 |      | 5,00-7,50   | <0,50      | 7,30-7,50 | <0,050 | <0,003 | 2,40-3,20 | 1,20-2,40 | 17,00-18,20 | <0,10 | н/обн         | 3,50-3,58 |
| 08.2007 |      | 5,00-7,50   | <0,50      | 7,25-7,40 | <0,050 | <0,003 | 1,40-6,40 | 1,22-2,58 | 18,00-19,00 | <0,10 | н/обн         | 3,50-3,60 |
| 09.2007 |      | 5,00-7,50   | <0,50-1,00 | 7,21-7,40 | <0,050 | <0,003 | 1,00-3,60 | 1,08-2,59 | 16,40-19,00 | <0,10 | н/обн         | 3,40-3,60 |
| 10.2007 |      | <5,00-20,00 | <0,50-1,16 | 7,35-7,65 | <0,050 | <0,003 | 1,20-3,00 | 1,52-3,36 | 16,60-21,58 | <0,10 | н/обн - <0,05 | 2,20-3,50 |
| 11.2007 |      | <5,00-7,00  | <0,50-1,20 | 7,40-7,65 | <0,050 | <0,003 | 1,80-3,20 | 1,60-2,96 | 17,03-20,04 | <0,10 | н/обн         | 2,30-2,65 |
| 12.2007 |      | <5,00-5,50  | <0,50-1,00 | 7,60-7,85 | <0,050 | <0,003 | 1,20-2,80 | 1,58-3,12 | 16,04-18,61 | <0,10 | н/обн         | 2,60-3,05 |

Таблица А.1.6 - Результаты химических анализов воды из РЧВ Партизанского гидроузла (воды, прошедшей очистку)

| Дата    | Температура, °С | Цветность, град ПКШ | Мутность, мг/дм³ | pH        | Аммоний солевой, г/дм³ | Нитриты, мг/дм³ | Нитраты, мг/дм³ | Окисляемость, мгО₂/дм³ | Хлориды, мг/дм³ | Железо (Fe), мг/дм³ | Алюминий (Al), мг/дм³ | Щёлочность, моль/дм³ |
|---------|-----------------|---------------------|------------------|-----------|------------------------|-----------------|-----------------|------------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|----------------------|
| 1       | 2               | 3                   | 4                | 5         | 6                      | 7               | 8               | 9                      | 10              | 11                  | 12                    | 13                   |
| 01.2000 | 2,0-4,0         | 5-13                | 1,7-2,2          | 7,40-7,60 | 0,05-0,06              | 0,003           | 4,18-4,00       | 2,96-4,36              | 11,4-13,2       | <0,10               | 0,10-0,15             | 3,00-3,20            |
| 02.2000 | 2,0             | 7-13                | 1,8-2,2          | 7,70-7,85 | 0,05-0,06              | <0,003-0,003    | 3,91-4,30       | 2,80-3,84              | 11,8-14,2       | <0,10               | 0,08-0,12             | 2,80-3,20            |
| 03.2000 | 3,0-4,0         | 5-12                | 1,5-2,0          | 7,75-7,90 | <0,05-0,05             | 0,003           | 2,78-3,52       | 3,76-4,00              | 11,6-13,8       | <0,10-0,10          | 0,05-0,12             | 2,76-2,84            |
| 04.2000 | 4,0-9,0         | 5-12                | 1,5-1,9          | 7,75-7,85 | <0,05-0,06             | <0,003-0,003    | 3,43-3,65       | 3,02-3,52              | 11,2-13,2       | <0,10-0,11          | 0,05-0,10             | 2,88-3,00            |
| 05.2000 | 9,0-12          | 5-10                | 0,5-1,5          | 7,75-7,80 | <0,05                  | <0,003-0,003    | 3,52-3,70       | 2,88-3,56              | 11,6-13,2       | <0,10-0,10          | <0,02-0,05            | 2,94-3,04            |
| 06.2000 | 12-14           | 5                   | 0,5-0,6          | 7,90-7,95 | <0,05                  | <0,003          | 3,17-3,61       | 2,90-3,78              | 12,0-13,6       | <0,10               | 0,02                  | 2,92-3,04            |

| 1       | 2       | 3    | 4       | 5         | 6          | 7           | 8         | 9         | 10        | 11         | 12         | 13        |
|---------|---------|------|---------|-----------|------------|-------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-----------|
| 07.2000 | 8,0-17  | 5    | 0,5     | 7,95-8,05 | <0,05      | <0,003      | 2,59-3,80 | 2,80-3,36 | 11,8-13,8 | <0,10-0,10 | н/обн      | 2,90-3,12 |
| 08.2000 | 8,0-10  | 5    | 0,5-0,7 | 7,80-7,95 | <0,05      | <0,003      | 3,83-4,02 | 3,12-3,53 | 12,0-13,8 | <0,10      | н/обн      | 2,90-3,08 |
| 09.2000 | 10-13   | 5-10 | 0,5-0,9 | 7,70-7,85 | 0,05-0,07  | 0,003       | 2,22-4,08 | 2,22-3,36 | 11,8-14,2 | <0,10      | 0,05-0,07  | 3,06-3,20 |
| 10.2000 | 11-13   | 5-7  | 0,5-0,7 | 7,90-8,05 | <0,05      | <0,003      | 1,72-2,28 | 2,40-3,04 | 12,2-14,4 | <0,10      | 0,05-0,08  | 2,90-3,06 |
| 11.2000 | 10-11   | 5    | 0,5-0,6 | 7,95-8,15 | <0,05-0,06 | 0,003       | 0,79-1,79 | 2,10-2,68 | 12,4-13,8 | <0,10      | 0,02-0,06  | 2,80-3,12 |
| 12.2000 | 6,0-9,0 | 5    | 0,5     | 8,05-8,15 | <0,05      | <0,003      | 1,02-1,24 | 1,84-2,88 | 12,0-13,6 | <0,10      | 0,05-0,07  | 3,10-3,20 |
| 01.2001 | 3,0-6,0 | 5    | 0,5     | 8,10-8,20 | <0,05      | <0,003      | 1,14-1,85 | 1,68-2,56 | 12,0-14,4 | <0,10      | 0,05-0,07  | 3,12-3,30 |
| 02.2001 | 3,0-4,0 | 5    | 0,5     | 7,95-8,20 | <0,05      | <0,003      | 1,28-1,91 | 2,07-3,20 | 12,4-13,8 | <0,10      | 0,04-0,06  | 3,30-3,54 |
| 03.2001 | 4,0-7,0 | 5    | 0,6-1,3 | 7,90-8,05 | <0,05      | <0,003      | 1,28-2,11 | 1,60-2,64 | 12,0-13,4 | <0,10      | 0,05-0,08  | 3,40-3,52 |
| 04.2001 | 7,0-11  | 5-7  | 0,5-1,0 | 7,85-8,00 | <0,05      | <0,003      | 2,15-2,32 | 1,76-2,68 | 12,2-14,2 | <0,10      | 0,04-0,07  | 3,32-3,56 |
| 05.2001 | 11-14   | 5    | 0,5-0,7 | 7,85-8,00 | <0,05      | <0,003      | 1,77-2,27 | 1,76-2,72 | 12,0-14,4 | <0,10      | 0,02-0,05  | 3,34-3,56 |
| 06.2001 | 14-16   | 5    | 0,5-1,2 | 7,80-7,90 | <0,05      | <0,003      | 2,05-2,27 | 1,84-2,77 | 12,4-13,6 | <0,10      | 0,02-0,05  | 3,38-3,52 |
| 07.2001 | 16-17   | 5    | 0,5-0,6 | 7,60-7,85 | <0,05      | <0,003      | 1,98-2,09 | 1,84-2,96 | 12,0-14,0 | <0,10      | н/обн      | 3,30-3,56 |
| 08.2001 | 16-17   | 5    | 0,5     | 7,50-7,60 | <0,05      | <0,003      | 1,77-2,04 | 2,04-2,88 | 12,0-14,2 | <0,10      | 0,02-0,04  | 3,28-3,40 |
| 09.2001 | 15-16   | 5    | 0,5-0,6 | 7,50-7,55 | 0,05-0,07  | <0,003      | 1,27-1,96 | 1,68-2,56 | 12,8-14,8 | <0,10      | <0,02-0,02 | 3,24-3,40 |
| 10.2001 | 10-15   | 5    | 0,5-0,6 | 7,45-7,65 | <0,05-0,05 | <0,003      | 0,76-1,27 | 2,16-2,86 | 12,8-14,8 | <0,10      | 0,02-0,05  | 3,12-3,48 |
| 11.2001 | 6,0-10  | 5    | 0,5-0,6 | 7,60-7,95 | <0,05-0,05 | <0,003      | 0,51-0,83 | 2,05-2,98 | 12,6-14,0 | <0,10      | 0,02-0,06  | 3,38-3,50 |
| 12.2001 | 6,0     | 5    | 0,6     | 7,70-7,95 | 0,05-0,06  | <0,003      | 0,64-2,24 | 1,68-2,64 | 11,8-13,6 | <0,10      | 0,02-0,05  | 3,50-3,70 |
| 01.2002 | 3,0-4,0 | 5    | 0,5-0,9 | 7,60-7,85 | 0,05-0,06  | 0,003       | 2,17-3,00 | 1,52-2,68 | 11,4-14,2 | <0,10      | 0,04-0,06  | 3,54-3,70 |
| 02.2002 | 4,0-8,0 | 5    | 0,5-0,6 | 7,60-7,90 | <0,05-0,05 | <0,003      | 3,12-3,83 | 1,22-2,40 | 11,2-13,0 | <0,10      | 0,02-0,05  | 3,50-3,60 |
| 03.2002 | 8,0-11  | 5-7  | 0,5-2,0 | 7,50-7,90 | 0,05-0,10  | 0,003-0,005 | 3,45-3,89 | 1,20-2,64 | 11,0-13,4 | <0,10-0,10 | 0,05-0,15  | 3,40-3,70 |
| 04.2002 | 11-13   | 5-9  | 1,8-2,2 | 7,40-7,65 | 0,05-0,10  | 0,003-0,005 | 3,67-5,45 | 1,76-2,78 | 10,8-13,6 | <0,10      | 0,08-0,20  | 2,80-3,12 |
| 05.2002 | 13-16   | 5-7  | 0,6-2,0 | 7,45-7,75 | <0,05-0,05 | <0,003      | 4,22-4,97 | 2,32-3,12 | 10,6-12,4 | <0,10      | 0,06-0,12  | 2,48-3,06 |
| 06.2002 | 16-18   | 5    | 0,5-0,7 | 7,45-7,65 | 0,05       | <0,003      | 3,83-4,22 | 1,92-2,86 | 11,4-13,8 | <0,10      | 0,02-0,04  | 2,90-3,16 |
| 07.2002 | 18-19   | 5    | 0,5-0,7 | 7,40-7,60 | <0,05-0,05 | <0,003      | 3,47-3,96 | 2,56-3,12 | 11,4-14,2 | <0,10      | н/обн      | 2,84-3,12 |
| 08.2002 | 18-19   | 5-7  | 0,6-2,0 | 7,40-7,80 | 0,05-0,13  | 0,005       | 1,27-3,47 | 2,44-4,90 | 11,8-14,4 | <0,10      | 0,06-0,25  | 2,60-3,16 |
| 09.2002 | 18-19   | 5    | 0,9-1,5 | 7,40-7,65 | 0,05-0,08  | 0,003-0,005 | 1,27-2,29 | 2,18-2,84 | 11,6-14,0 | <0,10      | 0,06-0,12  | 2,60-3,08 |
| 10.2002 | 13-17   | 5-7  | 0,5-1,3 | 7,55-7,85 | 0,05-0,06  | <0,003      | 1,21-1,67 | 1,96-2,92 | 11,6-12,2 | <0,10      | 0,04-0,06  | 2,96-3,10 |
| 11.2002 | 9,0-13  | 5-7  | 0,9-1,5 | 7,60-7,85 | <0,05-0,05 | 0,003       | 1,76-2,03 | 1,68-2,20 | 10,2-11,8 | <0,10      | 0,05-0,12  | 3,00-3,28 |
| 12.2002 | 3,0-9,0 | 5    | 0,7-0,9 | 7,65-8,00 | <0,05-0,05 | <0,003      | 1,93-2,33 | 1,90-2,85 | 9,8-11,2  | <0,10      | 0,04-0,06  | 3,14-3,36 |

Продолжение таблицы А.1.6

| 1       | 2       | 3    | 4       | 5         | 6          | 7            | 8         | 9         | 10         | 11         | 12         | 13        |
|---------|---------|------|---------|-----------|------------|--------------|-----------|-----------|------------|------------|------------|-----------|
| 01.2003 | 3,0-4,0 | 5    | 0,6-0,8 | 7,60-7,90 | 0,05-0,05  | <0,003       | 1,80-2,16 | 1,79-2,80 | 10,4-12,2  | <0,10-0,10 | 0,04-0,08  | 3,12-3,48 |
| 02.2003 | 2,0-3,0 | 5-10 | 1,0-2,2 | 7,40-7,70 | 0,05-0,08  | 0,003-0,005  | 1,80-2,55 | 2,79-4,00 | 10,4-12,4  | <0,10      | 0,07-0,20  | 2,90-3,28 |
| 03.2003 | 2,0-4,0 | 5-8  | 1,0-2,0 | 7,45-7,75 | 0,05-0,07  | <0,003       | 2,55-2,95 | 2,32-3,22 | 10,6-12,8  | <0,10      | 0,04-0,08  | 3,16-3,36 |
| 04.2003 | 4,0-9,0 | 5-8  | 1,0-2,0 | 7,60-7,80 | 0,05-0,07  | 0,003        | 2,43-2,68 | 2,18-3,28 | 10,6-12,6  | 0,10       | 0,06-0,12  | 3,10-3,40 |
| 05.2003 | 9,0-12  | 5    | 0,7-1,2 | 7,65-7,80 | <0,05-0,05 | <0,003       | 2,43-3,08 | 1,60-2,82 | 11,2-13,2  | <0,10      | 0,04-0,06  | 3,12-3,44 |
| 06.2003 | 12-18   | 5    | 0,5-1,0 | 7,65-7,95 | 0,05-0,06  | <0,003       | 1,83-2,60 | 1,45-3,00 | 11,6-13,8  | <0,10      | <0,02-0,03 | 3,24-3,48 |
| 07.2003 | 12-20   | 5    | 0,5-0,9 | 7,80-7,90 | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,76-2,60 | 1,47-2,96 | 11,8-14,2  | <0,10      | <0,02      | 3,34-3,44 |
| 08.2003 | 16-18   | 5    | 0,7-1,4 | 7,85-8,00 | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,76-2,53 | 1,63-3,02 | 11,6-14,4  | <0,10      | н/обн      | 3,18-3,32 |
| 09.2003 | 15-18   | 5    | 0,6-1,0 | 7,65-7,80 | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,55-1,90 | 1,58-2,90 | 11,2-13,4  | <0,10      | 0,04-0,06  | 3,10-3,40 |
| 10.2003 | 12-15   | 5    | 0,5-0,9 | 7,70-8,00 | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,69-1,76 | 2,20-3,12 | 11,4-13,8  | <0,10      | 0,04-0,08  | 2,96-3,40 |
| 11.2003 | 8,0-11  | 5-7  | 0,6-1,0 | 7,75-8,00 | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,69-1,90 | 2,32-3,12 | 11,4-13,2  | <0,10      | 0,04-0,08  | 3,24-3,56 |
| 12.2003 | 6,0-8,0 | 5-7  | 0,7-1,0 | 7,70-7,85 | <0,05      | <0,003       | 1,83-2,18 | 2,39-3,16 | 10,0-11,8  | <0,10-0,10 | 0,04-0,08  | 3,30-3,56 |
| 01.2004 | 5,0-6,0 | 5-10 | 0,8-2,2 | 7,50-7,85 | 0,05-0,06  | 0,003        | 2,04-2,32 | 2,32-3,26 | 9,8-11,2   | <0,10-0,10 | 0,06-0,25  | 2,88-3,46 |
| 02.2004 | 4,0-5,0 | 5-13 | 1,5-2,2 | 7,45-7,75 | 0,05-0,07  | 0,003-0,005  | 2,11-2,32 | 2,39-3,18 | 9,6-11,4   | <0,10      | 0,08-0,20  | 2,90-3,30 |
| 03.2004 | 4,0-7,0 | 5-12 | 1,5-2,0 | 7,35-7,75 | 0,05-0,06  | 0,003-0,003  | 2,03-2,52 | 2,31-3,17 | 9,4-10,2   | <0,10-0,10 | 0,08-0,30  | 2,72-3,10 |
| 04.2004 | 7,0-11  | 5    | 0,8-1,4 | 7,75-7,95 | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,89-2,38 | 1,84-2,96 | 9,2-10,4   | <0,10-0,11 | 0,06-0,10  | 2,80-3,16 |
| 05.2004 | 11-13   | 5-8  | 0,6-2,0 | 7,60-7,95 | 0,05-0,06  | <0,003-0,003 | 1,76-1,97 | 2,16-3,12 | 9,2-11,0   | <0,10-0,10 | 0,08-0,15  | 2,80-3,16 |
| 06.2004 | 13-15   | 5    | 1,3     | 7,65-7,85 | <0,05      | <0,003       | 1,69-2,32 | 1,76-3,35 | 9,8-11,0   | <0,13      | 0,04-0,07  | 3,12-3,40 |
| 07.2004 | 13-18   | 5    | 0,6-0,9 | 7,55-7,80 | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,48-1,97 | 1,91-3,05 | 10,0-11,4  | 0,10-0,11  | 0,02-0,05  | 3,16-3,36 |
| 08.2004 | 13,0    | 5    | 0,5-0,8 | 7,65-7,70 | 0,05-0,06  | <0,003       | 1,90-2,04 | 2,98-3,44 | 9,2-10,6   | 0,10-0,12  | н/обн      | 3,10-3,26 |
| 09.2004 | 13-18   | 5-7  | 1,0-1,5 | 7,45-7,60 | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,90-2,11 | 3,52-4,32 | 9,0-11,0   | <0,10-0,10 | 0,04-0,10  | 2,92-3,22 |
| 10.2004 | 13-18   | 5    | 0,7-0,9 | 7,70-7,85 | 0,05-0,06  | <0,003-0,003 | 0,91-1,90 | 3,40-4,40 | 9,6-11,4   | <0,10      | 0,04-0,06  | 3,20-3,44 |
| 11.2004 | 11-13   | 5-7  | 0,6-1,5 | 7,65-7,80 | 0,05-0,06  | <0,003-0,003 | 1,20-1,55 | 3,62-4,56 | 9,2-10,8   | 0,10-0,12  | 0,04-0,08  | 3,12-3,40 |
| 12.2004 | 6,0-10  | 5-7  | 0,9-1,4 | 7,60-7,85 | <0,05      | <0,003       | 1,48-1,97 | 3,28-4,56 | 8,8-10,4   | <0,10-0,10 | 0,04-0,08  | 3,54-3,56 |
| 01.2005 | 5,0-6,0 | 5-8  | 0,6-1,1 | 7,70-7,85 | <0,05      | <0,003       | 1,90-2,04 | 3,24-4,08 | 9,40-10,40 | <0,10      | 0,04-0,05  | 3,36-3,54 |
| 02.2005 | 4,0-5,0 | 7-10 | 1,0-1,3 | 7,75-7,90 | 0,05       | <0,003       | 2,11-2,32 | 2,87-4,20 | 9,40-10,6  | <0,10      | 0,05-0,08  | 3,42-3,60 |
| 03.2005 | 3,0-5,0 | 6-9  | 0,7-1,5 | 7,65-7,90 | <0,05-0,06 | 0,003        | 2,11-2,32 | 2,92-4,28 | 9,40-10,80 | <0,10-0,10 | 0,06-0,15  | 3,50-3,64 |
| 04.2005 | 5,0-10  | 8-11 | 0,9-1,4 | 7,90-8,00 | <0,05-0,06 | 0,003        | 2,04-2,39 | 2,86-4,28 | 9,60-11,00 | <0,10      | -          | 3,44-3,58 |
| 05.2005 | 10-13   | 8-12 | 0,8-1,3 | 7,80-7,95 | <0,05-0,05 | <0,003       | 2,25-2,39 | 2,57-4,15 | 9,80-11,20 | <0,10-0,10 | 0,02-0,04  | 3,32-3,56 |
| 06.2005 | 13-17   | 7-10 | 0,7-1,2 | 7,70-7,85 | <0,05      | <0,003       | 1,90-2,32 | 2,86-4,36 | 10,0-11,40 | <0,10-0,12 | 0,02-0,05  | 3,46-3,50 |

Продолжение таблицы А.1.6

| 1       | 2         | 3   | 4         | 5         | 6          | 7            | 8         | 9         | 10         | 11          | 12         | 13        |
|---------|-----------|-----|-----------|-----------|------------|--------------|-----------|-----------|------------|-------------|------------|-----------|
| 07.2005 | 13-17     | 7-9 | 0,7-1,2   | 7,75-7,90 | <0,05      | <0,003       | 1,34-2,01 | 2,24-3,62 | 10,40-11,8 | 0,12-0,14   | 0,02-0,04  | 3,24-3,48 |
| 08.2005 | 13,0      | 7-9 | 0,7-1,2   | 7,70-7,85 | <0,05-0,05 | <0,003       | 2,01-2,18 | 2,26-3,42 | 10,00-11,6 | <0,10-0,12  | <0,02-0,02 | 3,36-3,50 |
| 09.2005 | 12-13     | 6-8 | 0,7-1,0   | 7,65-7,85 | <0,05      | <0,003       | 2,04-2,32 | 2,26-3,38 | 10,20-11,8 | <0,10-0,13  | <0,02-0,03 | 3,28-3,46 |
| 10.2005 | 11-12     | 5-9 | 0,6-1,0   | 7,60-7,80 | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,69-2,32 | 2,05-2,96 | 10,00-11,6 | <0,10-0,13  | <0,02      | 3,38-3,54 |
| 11.2005 | 8,0-11    | 5-8 | 0,5-0,9   | 7,75-7,90 | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,55-1,76 | 2,38-3,02 | 10,20-11,6 | <0,10-0,11  | <0,02-0,02 | 3,40-3,56 |
| 12.2005 | 6,0-8,0   | 4-8 | 0,5-0,8   | 7,80-7,90 | <0,05      | <0,003       | 1,69-2,18 | 2,16-3,38 | 10,20-11,8 | <0,10-0,11  | <0,02-0,02 | 3,40-3,60 |
| 01.2006 | 3,0-5,0   | 5-8 | 0,6-1,0   | 7,70-7,80 | <0,05-0,05 | <0,003       | 2,25-2,39 | 2,59-3,37 | 10,2-11,4  | <0,10-0,10  |            | 3,55-3,65 |
| 02.2006 | 3,0-4,0   | 5-8 | 0,5-1,0   | 7,70-7,85 | <0,05      | <0,003       | 2,32-2,39 | 1,84-2,48 | 10,0-11,2  | <0,10       |            | 3,50-3,70 |
| 03.2006 | 4,0-5,0   | 5-7 | 0,7-1,2   | 7,75-7,85 | <0,05-0,05 | 0,003        | 2,63-2,83 | 1,93-2,88 | 9,6-11,0   | <0,10-0,11  |            | 3,40-3,50 |
| 04.2006 | 5,0-8,0   | 5-7 | 0,5-0,8   | 7,80-7,90 | 0,05-0,06  | 0,003        | 2,43-2,70 | 2,04-2,80 | 9,8-11,2   | <0,10-0,10  |            | 3,40-3,50 |
| 05.2006 | 8,0-11,0  | 5-7 | 0,6-0,8   | 7,75-7,90 | <0,05-0,05 | <0,003       | 2,63-2,76 | 2,16-3,42 | 9,8-11,0   | <0,10-0,11  |            | 3,30-3,50 |
| 06.2006 | 11,0-13,0 | 4-5 | 0,5-0,6   | 7,80-7,90 | <0,05      | <0,003       | 2,50-2,76 | 1,97-2,48 | 10,2-11,4  | <0,10-0,10  |            | 3,40-3,50 |
| 07.2006 | 10,0-13,0 | 4-7 | 0,5-0,75  | 7,70-7,80 | 0,05-0,06  | <0,003       | 2,50-2,76 | 1,94-2,93 | 10,0-11,2  | <0,10       |            | 3,35-3,50 |
| 08.2006 | 10,0-12,0 | 5-7 | 0,5-0,8   | 7,65-7,75 | <0,05-0,05 | <0,003       | 2,50-2,88 | 1,96-3,48 | 9,8-11,4   | <0,10       |            | 3,40-3,50 |
| 09.2006 | 12,0-14,0 | 6-7 | 0,7-0,9   | 7,60-7,75 | <0,05      | <0,003       | 2,24-2,56 | 1,67-2,50 | 9,6-10,8   | <0,10-0,10  |            | 3,30-3,50 |
| 10.2006 | 12,0-14,0 | 5-7 | 0,5-0,9   | 7,70-7,80 | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,60-2,56 | 1,64-2,60 | 10,0-11,0  | <0,10-0,10  |            | 3,30-3,45 |
| 11.2006 | 9,0-12,0  | 5-7 | 0,5-0,8   | 7,75-7,80 | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,28-1,60 | 1,96-3,06 | 10,4-11,2  | <0,10-0,10  |            | 3,30-3,45 |
| 12.2006 | 5,0-9,0   | 4-6 | 0,5-0,6   | -         | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,60-1,90 | 1,83-2,18 | 10,0-11,0  | <0,10-0,10  |            | 3,45-3,60 |
| 01.2007 | 4,0-5,0   | 4-6 | 0,5-0,75  | 7,80-7,90 | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,60-1,92 | 1,96-2,86 | 9,8-10,8   | <0,10-0,10  | 0,07-0,10  | 3,40-3,56 |
| 02.2007 | 4,0-5,0   | 5-9 | 0,75-1,50 | 7,65-7,85 | <0,05-0,06 | <0,003-0,003 | 1,28-2,56 | 2,28-3,78 | 10,0-11,0  | <0,01-0,11  | 0,08-0,12  | 3,30-3,58 |
| 03.2007 | 4,0-6,0   | 4-6 | 0,50-1,00 | 7,75-7,90 | <0,05-0,05 | <0,003       | 2,24-2,56 | 3,32-4,36 | 9,6-11,0   | <0,10-0,12  | 0,07-0,09  | 3,25-3,48 |
| 04.2007 | 6,0-9,0   | 4-5 | 0,50-0,75 | 7,75-7,9  | <0,05-0,05 | <0,003       | 2,58-3,22 | 3,18-4,53 | 9,8-11,0   | <0,10-0,11  | 0,06-0,08  | 3,38-3,50 |
| 05.2007 | 10,0-15,0 | 4-5 | 0,50-0,75 | 7,90-8,00 | <0,05      | <0,003       | 2,29-2,90 | 1,92-2,78 | 10,0-11,0  | <0,10-0,10  | -          | 3,40-3,60 |
| 06.2007 | 14,0-16,0 | 4-6 | 0,50-0,75 | 7,85-7,95 | <0,05      | <0,003       | 2,29-2,61 | 2,00-2,96 | 10,2-10,8  | <0,10       | -          | 3,48-3,68 |
| 07.2007 | 9,0-15,0  | 4-5 | 0,50-0,75 | 7,75-7,85 | <0,05      | <0,003       | 2,29-2,94 | 2,16-3,22 | 9,8-10,8   | <0,10-0,10  | -          | 3,46-3,58 |
| 08.2007 | 10,0-11,0 | 4-6 | 0,50-1,25 | 7,65-7,78 | <0,05-0,05 | <0,003       | 2,94-3,22 | 2,94-3,60 | 9,8-10,6   | <0,10-0,10  | 0,05-0,07  | 3,40-3,60 |
| 09.2007 | 11,0-14,0 | 4-7 | 0,75-1,25 | 7,70-7,80 | <0,05-0,05 | <0,003       | 2,25-2,90 | 1,83-3,11 | 9,6-10,8   | <0,10       | 0,06-0,08  | 3,34-3,56 |
| 10.2007 | 14,0-16,0 | 4-6 | 0,50-1,00 | 7,80-7,95 | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,93-2,90 | 1,87-2,68 | 10,0-11,0  | <0,10-0,105 | 0,07-0,08  | 3,28-3,36 |
| 11.2007 | 8,0-14,0  | 4-6 | 0,50-1,10 | 7,80-7,90 | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,29-1,61 | 1,87-2,39 | 10,2-10,8  | <0,10-0,10  | 0,08-0,11  | 3,24-3,48 |
| 12.2007 | 6,0-8,0   | 4-6 | 0,75-1,25 | 7,85-7,95 | <0,05-0,05 | <0,003       | 1,61-1,96 | 1,80-2,32 | 10,0-10,8  | <0,10       | 0,07-0,09  | 3,40-3,50 |

Таблица А.1.7 - Результаты химических анализов воды из РЧВ Межгорного гидроузла (воды, прошедшей очистку)

| Дата    | Температура,<br>°С | Цветность,<br>град ПКШ | Мутность,<br>мг/дм <sup>3</sup> | рН        | Аммоний<br>солевой, г/дм <sup>3</sup> | Нитриты,<br>мг/дм <sup>3</sup> | Нитраты,<br>мг/дм <sup>3</sup> | Окисляемость,<br>мгО <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup> | Хлориды,<br>мг/дм <sup>3</sup> | Железо (Fe),<br>мг/дм <sup>3</sup> | алюминий<br>(Al), мг/дм <sup>3</sup> | жесткость,<br>моль/ дм <sup>3</sup> | щелочность,<br>моль/ дм <sup>3</sup> |
|---------|--------------------|------------------------|---------------------------------|-----------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---|--------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| 1       | 2                  | 3                      | 4                               | 5         | 6                                     | 7                              | 8                              | 9   | 10                             | 11                                 | 12                                   | 13                                  | 14                                   |
| 01.2000 | 3,0-6,0            | 13-15                  | 0,75-1,50                       | 7,50-7,60 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | 0,80-1,00                      | 4,40-5,20   | 29,0-32,0                      | <0,10                              | 0,05-0,08                            |                                     | 2,70-3,00                            |
| 02.2000 | 3,0-4,0            | 10-15                  | 0,50-1,25                       | 7,50-7,80 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | 0,60-1,00                      | 4,50-5,30   | 31,0-33,0                      | <0,10                              | 0,05-0,08                            |                                     | 2,90-3,00                            |
| 03.2000 | 4,0-5,0            | 10-15                  | 0,50-1,00                       | 7,60-7,80 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | <0,44                          | 4,50-5,30   | 31,0-32,0                      | <0,10                              | 0,05-0,08                            |                                     | 2,90-3,00                            |
| 04.2000 | 5,0-9,0            | 10-15                  | 1,00-1,50                       | 7,30-7,80 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | 0,44-1,10                      | 5,20-6,20   | 31,0-34,0                      | <0,10                              | 0,05-0,12                            |                                     | 2,90-3,00                            |
| 05.2000 | 9,0-20             | 10-15                  | 1,00-1,50                       | 7,30-7,60 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | 0,60-0,90                      | 5,20-6,20   | 33,0-35,0                      | <0,10                              | 0,07-0,12                            |                                     | 2,90-3,00                            |
| 06.2000 | 20-23              | 10-13                  | 0,75-1,50                       | 7,30-7,60 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | 0,44-0,90                      | 5,40-6,00   | 34,0-37,0                      | <0,10                              | 0,08-0,18                            |                                     | 2,80-3,10                            |
| 07.2000 | 23-24              | 7-10                   | 0,50-1,50                       | 7,30-7,60 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | 0,50-0,90                      | 5,70-6,00   | 33,0-40,0                      | <0,10                              | 0,05-0,14                            |                                     | 2,80-2,90                            |
| 08.2000 | 23-24              | 7-12                   | 0,75-1,25                       | 7,50-7,60 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | 0,44-0,90                      | 5,40-6,00   | 37,0-40,0                      | <0,10                              | 0,05-0,15                            |                                     | 2,90                                 |
| 09.2000 | 18-23              | 10-15                  | 0,75-1,00                       | 7,50-7,60 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | 0,44-0,90                      | 5,40-5,80   | 37,0-41,0                      | <0,10                              | 0,07-0,19                            |                                     | 2,90-3,00                            |
| 10.2000 | 12-18              | 10-15                  | 0,50-1,00                       | 7,50-7,70 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | <0,44                          | 5,70-6,00   | 37,0-41,0                      | <0,10                              | 0,05-0,18                            |                                     | 3,00-3,10                            |
| 11.2000 | 9,0-12             | 8-13                   | 0,50-0,75                       | 7,60-7,80 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | 0,44-0,60                      | 5,80-6,20   | 35,0-38,0                      | <0,10                              | 0,06-0,10                            |                                     | 3,00                                 |
| 12.2000 | 6,0-9,0            | 10-15                  | 0,50-1,00                       | 7,70-7,80 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | <0,44                          | 5,10-6,00   | 36,0-41,0                      | <0,10                              | 0,06-0,15                            |                                     | 3,00                                 |
| 01.2001 | 3,0-6,0            | 8-13                   | 0,50-1,00                       | 7,50-7,80 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | <0,44-0,66                     | 5,20-6,00   | 36,0-42,0                      | <0,10                              | 0,05-0,16                            | 4,00-4,20                           | 2,90-3,00                            |
| 02.2001 | 3,0-4,0            | 9-13                   | 0,50-1,00                       | 7,50-7,60 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | <0,44                          | 5,60-6,00   | 32,0-35,0                      | <0,10                              | 0,06-0,15                            | 4,00-4,20                           | 2,90-3,00                            |
| 03.2001 | 4,0-6,0            | 10-15                  | 0,50-1,00                       | 7,50-7,70 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | <0,44-0,88                     | 5,30-6,00   | 32,0-38,0                      | <0,10                              | 0,05-0,15                            | 4,10-4,20                           | 2,90-3,10                            |
| 04.2001 | 6,0-12             | 5-13                   | 0,75-1,25                       | 7,60-7,80 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | <0,44-0,88                     | 5,30-6,00   | 32,0-35,0                      | <0,10                              | 0,09-0,14                            | 4,00-4,10                           | 2,90-3,10                            |
| 05.2001 | 12-14              | 8-15                   | 0,50-1,25                       | 7,40-7,80 | 0,060                                 | <0,003                         | <0,44-0,77                     | 5,60-6,00   | 34,0-40,0                      | <0,10                              | 0,05-0,12                            | 4,00-4,20                           | 2,90-3,00                            |
| 06.2001 | 14-21              | 10-15                  | 0,75-1,50                       | 7,40-7,60 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | <0,44-0,66                     | 5,30-6,00   | 38,0-44,0                      | <0,10                              | 0,08-0,16                            | 3,90-4,20                           | 2,90-3,00                            |
| 07.2001 | 21-26              | 10-15                  | 0,75-1,50                       | 7,50-7,70 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | <0,44-0,88                     | 5,00-6,00   | 42,0-48,0                      | <0,10                              | 0,10-0,20                            | 3,70-4,10                           | 2,80-3,00                            |
| 08.2001 | 24-26              | 10-15                  | 0,75-1,00                       | 7,50-7,60 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | <0,44-0,88                     | 5,50-6,00   | 38,0-43,0                      | <0,10                              | 0,06-0,12                            | 3,50-4,00                           | 2,90-3,00                            |
| 09.2001 | 18-24              | 15                     | 0,75-1,25                       | 7,60-7,70 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | 0,66-0,99                      | 5,00-6,00   | 40,0-44,0                      | <0,10                              | 0,08-0,14                            | 3,70-4,00                           | 2,80-3,00                            |
| 10.2001 | 13-18              | 10-15                  | 0,50-1,00                       | 7,60-7,70 | <0,05<br>0                            | <0,003                         | 0,66-0,99                      | 5,60-6,20   | 38,0-42,0                      | <0,10                              | 0,07-0,10                            | 3,80-4,10                           | 2,80-2,90                            |
| 11.2001 | 9,0-13             | 10-15                  | 0,50-0,75                       | 7,60      | 0,090                                 | <0,003                         | 0,77-1,00                      | 5,80-6,10   | 38,0-40,0                      | <0,10                              | 0,06-0,10                            | 3,70-4,00                           | 2,80-2,90                            |
| 12.2001 | 4,0-9,0            | 10-15                  | 0,75                            | 7,60      | 0,080                                 | <0,003                         | 0,90-1,10                      | 6,00  | 42,0                           | <0,10                              | 0,13                                 | 4,00                                | 3,00                                 |
| 01.2002 | 2,0-4,0            | 10-15                  | 0,50-0,75                       | 7,60-7,70 | 0,05-0,06                             | <0,003                         | 0,99-1,32                      | 5,70-6,00   | 38,0-42,0                      | <0,10                              | 0,05-0,13                            | 4,00-4,20                           | 2,90-3,00                            |
| 02.2002 | 2,0-5,0            | 10-15                  | 0,50-0,75                       | 7,60-7,80 | 0,05-0,09                             | <0,003                         | <0,44-0,60                     | 5,20-6,00   | 36,0-38,0                      | <0,10                              | 0,07-0,14                            | 3,70-4,00                           | 2,90-3,00                            |
| 03.2002 | 5,0-8,0            | 10-15                  | 0,50-0,75                       | 7,80      | 0,06                                  | <0,003                         | <0,44-0,60                     | 5,50-6,00   | 34,0-36,0                      | <0,10                              | 0,07-0,14                            | 3,70-4,00                           | 2,90-3,00                            |



| 1       | 2       | 3     | 4         | 5         | 66         | 7      | 8          | 9         | 10        | 11    | 12        | 13        | 14        |
|---------|---------|-------|-----------|-----------|------------|--------|------------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-----------|
| 04.2002 | 8,0-12  | 10-15 | 0,50-0,75 | 7,50-7,70 | 0,05-0,07  | <0,003 | <0,44-0,60 | 5,50-6,00 | 34,0-36,0 | <0,10 | 0,08-0,12 | 3,70-3,90 | 2,90-3,00 |
| 05.2002 | 13-17   | 10-15 | 0,50-0,75 | 7,60-7,70 | 0,05-0,08  | <0,003 | <0,44      | 5,80-6,00 | 34,0-36,0 | <0,10 | 0,08-0,12 | 3,80-4,10 | 2,90-3,00 |
| 06.2002 | 18-22   | 10-15 | 0,50-1,00 | 7,60-7,70 | 0,05-0,08  | <0,003 | 0,50-0,70  | 5,80-6,00 | 35,0-42,0 | <0,10 | 0,08-0,12 | 3,70-3,90 | 2,90      |
| 07.2002 | 22-26   | 10-15 | 0,50-1,00 | 7,50-7,60 | 0,05-0,10  | <0,003 | 0,60-0,90  | 5,50-6,00 | 37,0-40,0 | <0,10 | 0,07-0,12 | 3,50-4,00 | 2,60-3,00 |
| 08.2002 | 23-26   | 10-15 | 0,75-1,00 | 7,50-7,60 | 0,05-0,08  | <0,003 | 0,60-1,10  | 5,50-6,00 | 37,0-40,0 | <0,10 | 0,08-0,13 | 3,50-3,90 | 2,70-3,00 |
| 09.2002 | 19-23   | 10-15 | 0,75-1,00 | 7,50-7,60 | 0,05-0,07  | <0,003 | 0,70-1,21  | 5,50-6,00 | 36,0-40,0 | <0,10 | 0,08-0,15 | 3,70-4,00 | 2,70-3,00 |
| 10.2002 | 15-19   | 10-15 | 0,50-0,75 | 7,50-7,80 | 0,05-0,07  | <0,003 | 0,70-0,90  | 5,50-6,00 | 36,0-40,0 | <0,10 | 0,08-0,15 | 3,70-3,80 | 2,90-3,00 |
| 11.2002 | 10-15   | 10-15 | 0,50-0,75 | 7,50-7,60 | <0,05      | <0,003 | 0,44-0,90  | 5,50-6,00 | 34,0-37,0 | <0,10 | 0,05-0,08 | 3,60-4,00 | 2,90-3,00 |
| 12.2002 | 1,0-10  | 10-15 | 0,50-0,75 | 7,60-7,70 | 0,08       | <0,003 | 0,44-0,90  | 5,50-6,00 | 34,0-37,0 | <0,10 | 0,06-0,20 | 3,80-3,90 | 2,90-3,00 |
| 01.2001 | 1,0-2,0 | 10-15 | 0,50-0,75 | 7,50-7,80 | до 0,07    | <0,003 | <0,44-0,88 | 5,70-6,00 | 34,0-40,0 | <0,10 | 0,06-0,12 | 3,60-4,00 | 2,80-2,90 |
| 02.2003 | 2,0     | 10-15 | 0,50-0,75 | 7,50-7,70 | <0,05      | <0,003 | <0,44-0,88 | 5,30-6,00 | 34,0-38,0 | <0,10 | 0,06-0,15 | 3,60-4,00 | 2,90-3,00 |
| 03.2003 | 2,0-3,0 | 5-10  | 0,50-0,75 | 7,50-7,90 | <0,05      | <0,003 | <0,44-0,88 | 5,30-6,00 | 34,0-38,0 | <0,10 | 0,06-0,15 | 3,60-3,80 | 2,90-3,00 |
| 04.2003 | 3,0-9,0 | 5     | 0,50-0,75 | 7,60-7,90 | <0,05      | <0,003 | <0,44-0,60 | 5,30-6,00 | 36,0-38,0 | <0,10 | 0,06-0,15 | 3,60-3,80 | 2,80-3,00 |
| 05.2003 | 9,0-14  | 5-10  | 0,50-0,75 | 7,40-7,50 | до 0,07    | <0,003 | 0,44       | 5,30-6,00 | 36,0-38,0 | <0,10 | 0,07-0,12 | 3,70-3,80 | 2,70-2,90 |
| 06.2003 | 14-20   | 5-10  | 0,50      | 7,40      | до 0,06    | <0,003 | 0,44       | 5,30-5,70 | 36,0-44,0 | <0,10 | 0,10-0,13 | 3,60-3,70 | 2,70-2,80 |
| 07.2003 | 20-24   | 5-10  | 0,50      | 7,50      | до 0,06    | <0,003 | <0,44-0,70 | 4,80-5,70 | 40,0-46,0 | <0,10 | 0,10-0,16 | 3,60-3,80 | 2,60-2,80 |
| 08.2003 | 23-24   | 5-10  | 0,50      | 7,40-7,70 | до 0,06    | <0,003 | <0,44-0,90 | 4,00-5,80 | 46,0-48,0 | <0,10 | 0,08-0,15 | 3,60-3,90 | 2,60-2,80 |
| 09.2003 | 19-23   | 5-10  | 0,50-0,75 | 7,30-7,50 | 0,05       | <0,003 | 0,44-0,73  | 5,20-5,80 | 44,0-48,0 | <0,10 | 0,07-0,13 | 3,70-4,20 | 2,50-2,80 |
| 10.2003 | 13-19   | 7-10  | 0,50-0,75 | 7,40-7,50 | 0,05       | <0,003 | 0,44-0,60  | 5,00-5,60 | 44,0-48,0 | <0,10 | 0,07-0,14 | 3,80-4,00 | 2,60-2,90 |
| 11.2003 | 9,0-13  | 8-10  | 0,50-0,75 | 7,40-7,50 | 0,05       | <0,003 | 0,44-0,80  | 5,00-5,40 | 46,0-48,0 | <0,10 | 0,07-0,18 | 3,90-4,00 | 2,80-2,90 |
| 12.2003 | 5,0-9,0 | 5-10  | 0,50      | 7,40-7,60 | до 0,10    | <0,003 | 0,44-0,90  | 5,00-5,60 | 40,0-48,0 | <0,10 | 0,10-0,15 | 3,80-4,00 | 2,70-2,90 |
| 01.2004 | 3,0-4,0 | 5-10  | 0,50      | 7,40-7,70 | до 0,08    | <0,003 | <0,44-0,80 | 5,00-5,50 | 44,0-46,0 | <0,10 | 0,07-0,12 | 3,90-4,10 | 2,70-2,90 |
| 02.2004 | 2,0-3,0 | 5-10  | 0,50      | 7,50      | до 0,08    | <0,003 | 0,48-1,00  | 5,00-5,30 | 44,0-46,0 | <0,10 | 0,08-0,14 | 3,90-4,10 | 2,80-2,90 |
| 03.2004 | 2,0-8,0 | 7,50  | 0,50-0,75 | 7,50-7,70 | 0,05-0,09  | <0,003 | <0,44-0,70 | 5,00-5,30 | 42,0-45,0 | <0,10 | 0,08-0,14 | 3,90-4,10 | 2,70-2,90 |
| 04.2004 | 8,0-11  | 10-15 | 0,50-0,75 | 7,50-7,80 | 0,05-0,09  | <0,003 | <0,44-0,48 | 5,00-5,30 | 42,0-45,0 | <0,10 | 0,08-0,14 | 3,90-4,10 | 2,60-2,80 |
| 05.2004 | 11-17   | 10-15 | 0,50-0,75 | 7,40-7,60 | 0,05-0,075 | <0,003 | <0,44      | 5,00-5,30 | 42,0-46,0 | <0,10 | 0,10-0,14 | 3,90-4,00 | 2,60-3,00 |
| 06.2004 | 17-21   | 10-15 | 1,00      | 7,70      | 0,05       | <0,003 | <0,44      | -5,30     | 48,0      | <0,10 | 0,16      | 4,10      | 2,90      |
| 07.2004 | 21-22   | 10-15 | 0,50-1,00 | 7,40-7,50 | 0,05-0,07  | <0,003 | <0,44-0,60 | 4,60-5,20 | 44,0-47,0 | <0,10 | 0,10-0,19 | 3,90-4,00 | 2,80-2,90 |
| 08.2004 | 21-22   | 10-15 | 0,50-1,00 | 7,40-7,50 | <0,05      | <0,003 | <0,44-0,88 | 4,60-5,20 | 44,0-46,0 | <0,10 | 0,10-0,21 | 3,90-4,10 | 2,90-3,00 |
| 09.2004 | 20-21   | 10-15 | 0,50-1,00 | 7,40-7,60 | <0,05-0,07 | <0,003 | <0,44-0,60 | 4,70-5,20 | 42,0-44,0 | <0,10 | 0,08-0,15 | 3,90-4,10 | 2,70-2,90 |

| 1       | 2             | 3             | 4             | 5             | 66              | 7      | 8              | 9             | 10            | 11    | 12            | 13            | 14            |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|--------|----------------|---------------|---------------|-------|---------------|---------------|---------------|
| 10.2004 | 14-20         | 10-15         | 0,50-<br>0,75 | 7,40-<br>7,60 | 0,05-<br>0,07   | <0,003 | <0,44          | 4,70-<br>5,00 | 42,0-<br>46,0 | <0,10 | 0,09-<br>0,19 | 3,80-<br>4,00 | 2,70-<br>2,90 |
| 11.2004 | 10-14         | 10-15         | 0,50-<br>0,75 | 7,50-<br>7,60 | 0,05-<br>0,07   | <0,003 | <0,44          | 4,70-<br>5,00 | 42,0-<br>44,0 | <0,10 | 0,08-<br>0,12 | 38,0-<br>4,00 | 2,70-<br>2,90 |
| 12.2004 | -             | -             | -             | -             | -               | -      | -              | -             | -             | -     | -             | -             | -             |
| 01.2005 | 4,0-5,0       | 5-15          | 0,50-<br>0,75 | 7,50-<br>7,60 | 0,05            | <0,003 | <0,44-<br>0,48 | 5,00-<br>5,40 | 38,0-<br>42,0 | <0,10 | 0,06-<br>0,11 | 3,80-<br>4,10 | 2,80-<br>2,90 |
| 02.2005 | 3,0-4,0       | 10-15         | 0,50-<br>0,75 | 7,50-<br>7,60 | <0,05           | <0,003 | <,44           | 5,00-<br>5,60 | 38,0-<br>44,0 | <0,10 | 0,08-<br>0,12 | 3,80-<br>4,00 | 2,80-<br>2,90 |
| 03.2005 | 3,0-5,0       | 10-15         | 0,50-<br>0,75 | 7,40-<br>7,50 | 0,05            | <0,003 | <0,44-<br>0,48 | 5,00-<br>5,80 | 40,0-<br>44,0 | <0,10 | 0,06-<br>0,14 | 3,90-<br>4,00 | 2,80-<br>2,90 |
| 04.2005 | 5,0-<br>11,0  | 10            | 0,50-<br>0,75 | 7,40-<br>7,50 | 0,05            | <0,003 | <0,44          | 5,00-<br>5,60 | 40,0-<br>42,0 | <0,10 | 0,08-<br>0,14 | 3,80-<br>4,00 | 2,80-<br>2,90 |
| 05.2005 | 11,0-<br>20,0 | 10            | 0,50-<br>0,75 | 7,50-<br>7,60 | <0,05           | <0,003 | <0,44          | 5,30-<br>5,80 | 40,0-<br>44,0 | <0,10 | 0,08-<br>0,14 | 4,00          | 2,80-<br>2,90 |
| 06.2005 | 20,0-<br>21,0 | 10-15         | 0,50-<br>1,00 | 7,50-<br>7,60 | <0,05           | <0,003 | <0,44          | 5,60-<br>5,80 | 44,0-<br>45,0 | <0,10 | 0,10-<br>0,14 | 3,90-<br>4,10 | 2,80-<br>3,00 |
| 07.2005 | 21,0-<br>24,0 | 10-15         | 0,50-<br>1,00 | 7,50-<br>7,60 | <0,05           | <0,003 | <0,44          | 5,70-<br>6,80 | 44,0          | <0,10 | 0,10-<br>0,16 | 3,80-<br>4,00 | 2,80-<br>2,90 |
| 08.2005 | 24,0          | 5-10          | 0,50-<br>0,75 | 7,30-<br>7,50 | <0,05           | <0,003 | <0,44          | 5,20-<br>6,20 | 45,0-<br>47,0 | <0,10 | 0,10-<br>0,19 | 3,80-<br>4,00 | 2,90          |
| 09.2005 | 21,0-<br>24,0 | 5-10          | 0,50-<br>1,00 | 7,30-<br>7,40 | до0,1<br>0      | <0,003 | <0,44          | 4,90-<br>5,60 | 40,0-<br>46,0 | <0,10 | 0,12-<br>0,16 | 3,80-<br>4,00 | 2,70-<br>3,00 |
| 10.2005 | 12,0-<br>21,0 | 5-10          | 0,50-<br>0,75 | 7,30-<br>7,50 | до0,1<br>0      | <0,003 | <0,44-<br>0,48 | 5,00-<br>6,00 | 40,0-<br>44,0 | <0,10 | 0,06-<br>0,14 | 3,90-<br>4,50 | 2,70-<br>3,00 |
| 11.2005 | 9,0-<br>12,0  | 7,5-<br>10    | 0,50-<br>0,75 | 7,40-<br>7,50 | 0,08-<br>0,11   | <0,003 | <0,44          | 5,60-<br>5,80 | 40,0-<br>42,0 | <0,10 | 0,06-<br>0,08 | 3,90-<br>4,10 | 3,00          |
| 12.2005 | 6,0-9,0       | 7-<br>12,5    | 0,50-<br>0,75 | 7,50          | 0,07-<br>0,10   | <,003  | <,44           | 5,60-<br>5,80 | 40,0-<br>42,0 | <,10  | 0,06-<br>0,10 | 3,90-<br>4,10 | 2,90-<br>3,20 |
| 01.2006 | 2,0-4,0       | 5,0-<br>10,0  | 0,50-<br>1,00 | 7,40-<br>7,50 | 0,070-<br>0,110 | <0,003 | <0,44          | 5,30-<br>5,80 | 40,0-<br>42,0 | <0,10 | 0,06-<br>0,12 | 3,90-<br>4,00 | 2,90-<br>3,00 |
| 02.2006 | 2,0-3,0       | 5,0-<br>10,0  | 0,50-<br>0,75 | 7,40-<br>7,60 | <0,05-<br>0,085 | <0,003 | <0,44          | 5,40-<br>5,80 | 40,0-<br>42,0 | <0,10 | 0,04-<br>0,12 | 3,90-<br>4,30 | 3,00-<br>3,20 |
| 03.2006 | 3,0-6,0       | 5,0-<br>10,0  | 0,50-<br>0,75 | 7,40-<br>7,80 | <0,05-<br>0,110 | <0,003 | <0,44          | 5,40-<br>5,90 | 42,0-<br>44,0 | <0,10 | 0,04-<br>0,12 | 4,00-<br>4,30 | 3,00-<br>3,10 |
| 04.2006 | 6,0-<br>11,0  | 7,5-<br>15,0  | 0,50-<br>0,75 | 7,40-<br>7,50 | <0,05-<br>0,110 | <0,003 | <0,44          | 5,00-<br>5,60 | 42,0-<br>44,0 | <0,10 | 0,10-<br>0,16 | 4,00-<br>4,10 | 3,00-<br>3,20 |
| 05.2006 | 11,0-<br>16,0 | 7,5-<br>15,0  | 0,50-<br>0,75 | 7,50-<br>7,80 | <0,05-<br>0,060 | <0,003 | <0,44          | 5,40-<br>5,80 | 40,0-<br>44,0 | <0,10 | 0,08-<br>0,16 | 4,10-<br>4,20 | 3,00-<br>3,20 |
| 06.2006 | 16,0-<br>23,0 | 15,0          | 0,75-<br>1,00 | 7,40-<br>7,80 | <0,05-<br>0,080 | <0,003 | <0,44          | 5,50-<br>5,90 | 42,0-<br>44,0 | <0,10 | 0,08-<br>0,14 | 4,00-<br>4,20 | 3,00-<br>3,10 |
| 07.2006 | 23,0-<br>25,0 | 10,0-<br>15,0 | 0,75-<br>1,00 | 7,40-<br>7,50 | <0,05-<br>0,080 | <0,003 | <0,44          | 5,30-<br>5,80 | 43,0-<br>46,0 | <0,10 | 0,08-<br>0,14 | 3,90-<br>4,00 | 2,90-<br>3,00 |
| 08.2006 | 25,0          | 10,0-<br>15,0 | 0,75          | 7,40-<br>7,50 | <0,05-<br>0,100 | <0,003 | <0,44-<br>0,65 | 5,50-<br>6,00 | 45,0-<br>48,0 | <0,10 | 0,08-<br>0,15 | 3,50-<br>4,00 | 2,70-<br>2,90 |
| 09.2006 | 18,0-<br>25,0 | 10,0-<br>15,0 | 0,75-<br>1,00 | 7,40-<br>7,50 | 0,070-<br>0,100 | <0,003 | <0,44-<br>0,87 | 5,50-<br>6,00 | 44,0-<br>47,0 | <0,10 | 0,08-<br>0,14 | 3,70-<br>4,00 | 2,60-<br>3,00 |
| 10.2006 | 14,0-<br>18,0 | 10,0          | 0,75-<br>1,00 | 7,50-<br>7,80 | 0,070-<br>0,110 | <0,003 | <0,44-<br>0,87 | 5,60-<br>6,00 | 42,0-<br>44,0 | <0,10 | 0,08-<br>0,15 | 4,00-<br>4,40 | 2,90-<br>3,20 |
| 11.2006 | 10,0-<br>14,0 | 10,0          | 0,75          | 7,50-<br>7,80 | 0,060-<br>0,110 | <0,003 | <0,44          | 5,80-<br>6,10 | 41,0-<br>43,0 | <0,10 | 0,08-<br>0,12 | 3,90-<br>4,20 | 3,00-<br>3,20 |
| 12.2006 | 6,0-<br>10,0  | 5,0-<br>10,0  | 0,50-<br>0,75 | 7,50-<br>7,80 | <0,05-<br>0,060 | <0,003 | <0,44-<br>0,44 | 5,60-<br>6,00 | 40,0-<br>42,0 | <0,10 | 0,05-<br>0,10 | 3,90-<br>4,20 | 3,00-<br>3,10 |
| 01.2007 | 5,0-4,0       | 5,0-<br>10,0  | 0,50-<br>0,75 | 7,60-<br>7,80 | 0,054-<br>0,07  | <0,003 | 0,44           | 5,80-<br>6,00 | 39,5-<br>41,0 | <0,10 | 0,06-<br>0,06 | 4,00-<br>4,40 | 2,95-<br>3,10 |
| 02.2007 | 4,0           | 10,0-<br>15,0 | 0,50-<br>0,75 | 7,60-<br>7,80 | 0,07-<br>0,10   | <0,003 | <0,44-<br>0,44 | 5,80-<br>6,00 | 38,0-<br>40,0 | <0,10 | 0,06-<br>0,06 | 4,00-<br>4,50 | 2,90-<br>3,20 |
| 03.2007 | 4,0-5,0       | 10,0-<br>15,0 | 0,50-<br>0,75 | 7,60-<br>7,70 | 0,06-<br>0,11   | <0,003 | <0,44          | 5,70-<br>6,00 | 40,0-<br>41,0 | <0,10 | 0,08-         | 4,00-<br>4,30 | 2,90-<br>3,00 |

| 1       | 2         | 3         | 4         | 5         | 6           | 7      | 8          | 9         | 10        | 11    | 12    | 13        | 14        |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|--------|------------|-----------|-----------|-------|-------|-----------|-----------|
| 04.2007 | 5,0-12,0  | 5,0-15,0  | 0,05-0,75 | 7,70-7,90 | 0,05-0,008  | <0,003 | <0,44      | 5,80-6,00 | 41,0-44,0 | <0,10 | 0,08- | 3,90-4,00 | 2,90-3,10 |
| 05.2007 | 12,0-18,0 | 10,0-15,0 | 0,05-0,75 | 7,60-7,80 | <0,05-0,085 | <0,003 | <0,44-0,65 | 5,80-6,00 | 42,0-43,0 | <0,10 | 0,06- | 3,90-4,10 | 2,90-3,10 |
| 06.2007 | 18,0-23,0 | 10,0      | 0,50-0,75 | 7,50-7,80 | 0,085-0,10  | <0,003 | <0,44-0,65 | 5,60-6,00 | 42,0-46,0 | <0,10 | 0,06- | 3,90-4,20 | 2,70-3,00 |
| 07.2007 | 23,0-24,0 | 10,0-15,0 | 0,50-0,75 | 7,40-7,60 | 0,06-0,10   | <0,003 | <0,44      | 5,90-6,20 | 44,0-45,0 | <0,10 | 0,10- | 3,90-4,20 | 2,90-3,10 |
| 08.2007 | 24,0-25,0 | 10,0-15,0 | 0,50-0,75 | 7,40-7,50 | 0,05-0,10   | <0,003 | <0,44-0,65 | 5,30-6,00 | 42,0-44,0 | <0,10 | 0,06- | 3,80-3,90 | 2,80-3,00 |
| 09.2007 | 25,0-19,0 | 10,0-15,0 | 0,50-0,75 | 7,40-7,60 | 0,05-0,07   | <0,003 | <0,44-0,65 | 5,40-5,80 | 42,0-43,0 | <0,10 | 0,08- | 3,80-4,00 | 2,70-3,00 |
| 10.2007 | 19,0-15,0 | 10,0-15,0 | 0,50-0,75 | 7,50-7,80 | 0,07-0,10   | <0,003 | 0,44-0,87  | 5,60-5,80 | 40,0-42,0 | <0,10 | 0,08- | 3,80-4,00 | 2,80-2,95 |
| 11.2007 | 15,0-7,0  | 10,0-15,0 | 0,50-0,75 | 7,50-7,70 | 0,05-0,08   | <0,003 | 0,44-0,65  | 5,60-5,90 | 39,0-41,0 | <0,10 | 0,08- | 3,80-3,90 | 2,80-3,00 |
| 12.2007 | 7,0-5,0   | 10,0      | 0,50-0,75 | 7,60-7,80 | 0,06-0,10   | <0,003 | <0,44-0,65 | 5,80-6,00 | 38,0-41,0 | <0,10 | 0,05- | 3,80-4,00 | 2,80-3,00 |

Таблица А.1.8 - Данные анализов воды Керченского водохранилища

| Дата    | Температура, °С | Цветность, град ПКШ | Мутность, мг/дм <sup>3</sup> | pH       | Аммоний солевой, мг/дм <sup>3</sup> | Нитриты, мг/дм <sup>3</sup> | Нитраты, мг/дм <sup>3</sup> | Окисляем ость, мгО <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup> | Хлориды, мг/ дм <sup>3</sup> | Железо (Fe), мг/дм <sup>3</sup> | Щёлочность, моль/ дм <sup>3</sup> | Общее микробное число (ОМЧ), КОЕ/см <sup>3</sup> | Хлороформ, мг / дм <sup>3</sup> | Четыреххлористый углерод, мг / дм <sup>3</sup> | Дихлорэтан, , мг / дм <sup>3</sup> | Перхлорэтилен, мг /дм <sup>3</sup> | Дибромхлорметан, мг /дм <sup>3</sup> | Бромформ | Фитопланктон, численность кл/см <sup>3</sup> |
|---------|-----------------|---------------------|------------------------------|----------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|--|---------------------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|----------|--|
| 1       | 2               | 3                   | 4                            | 5        | 6                                   | 7                           | 8                           | 9   | 10                           | 11                              | 12                                | 13   | 14                              | 15   | 16                                 | 17                                 | 18                                   | 19       | 20   |
| 01.2014 | 4,0             | 20                  | 7,9                          | 7,7      | <0,04                               | <0,001                      | <0,1                        | 7,12  | 55,3                         | 0,33                            | 2,9                               | 230  |                                 |  |                                    |                                    |                                      |          |  |
| 02.2014 | 1,5             | 18                  | 2,8                          | 8,0      | <0,04                               | <0,001                      | <0,1                        | 6,72  | 57,7                         | 0,33                            | 3,0                               | 75   |                                 |  |                                    |                                    |                                      |          |  |
| 03.2014 | 4,5             | 20                  | 7,6                          | 8,0<br>5 | <0,04                               | <0,001                      | <0,1                        | 6   | 57,9                         | 0,45                            | 3,0                               | 50   |                                 | 0,000045                                       |                                    |                                    |                                      |          |  |
| 04.2014 | 9               | 23                  | 15,8                         | 8,3      | <0,04                               | <0,001                      | <0,1                        | 6   | 56,9                         | 0,331                           | 3,0                               | 290  |                                 |  |                                    |                                    |                                      |          |  |
| 05.2014 | 16              | 25                  | 8,8                          | 8,4      | <0,04                               | <0,001                      | <0,1                        | 7,28  | 59,4                         | 0,5                             | 3,0                               | 70   |                                 |  |                                    |                                    |                                      |          |  |
| 06.2014 | 20              | 25                  | 11,1                         | 7,3      | 0,084                               | <0,001                      | <0,1                        | 5,68  | 61,3                         | 0,45                            | 2,9                               | 430  |                                 |  |                                    |                                    |                                      |          |  |
| 07.2014 | 25,0            | 27                  | 17                           | 8,1      | 0,39                                | <0,001                      | 0,15                        | 7,6   | 62,3                         | 0,82                            | 2,9                               | 750  |                                 |  |                                    |                                    |                                      |          | 24454,9                                      |
| 08.2014 | 24              | 40                  | 12,9                         | 8,3      | 0,18                                | <0,001                      | 0,17                        | 9,76  | 110,9                        | 0,38                            | 2,8                               | 915  |                                 |  |                                    |                                    |                                      |          |  |
| 09.2014 | 18              | 30                  | 19,4                         | 7,9      | <0,04                               | 0,018                       | 0,14                        | 10  | 132,4                        | 0,36                            | 2,8                               | 860  |                                 |  |                                    |                                    |                                      |          |  |
| 10.2014 | 13,5            | 23                  | 11                           | 7,7<br>5 | 0,06                                | 0,008                       | 0,15                        | 7,04  | 138,6                        | 0,49                            | 3                                 | 170  |                                 | 0,000017                                       |                                    |                                    |                                      |          |  |
| 11.2014 | 8               | 20                  | 26,4                         | 7,9      | <0,08                               | 0,004                       | 0,13                        | 7,68  | 144                          | 0,45                            | 3                                 | 340  |                                 |  |                                    |                                    |                                      |          |  |



Продолжение таблицы А.1.9

|         |  |   |      |     |      |        |      |     |      |       |      |     |     |          |         |        |          |        |          |
|---------|--|---|------|-----|------|--------|------|-----|------|-------|------|-----|-----|----------|---------|--------|----------|--------|----------|
| 04.2017 |  | 5 | 0,58 | 7,9 | <0,1 | <0,003 | 2,32 | 1,6 | 79,1 | <0,05 | 0,05 | 5,1 | 3,1 | 0,007452 | <0,0006 | <0,001 | 0,057659 | <0,001 | 0,034190 |
|---------|--|---|------|-----|------|--------|------|-----|------|-------|------|-----|-----|----------|---------|--------|----------|--------|----------|

Таблица А.1.10 - Данные анализов воды Феодосийского водохранилища

| Дата    | Запах, баллов | Цветность, град ПКШ | Мутность, мг/дм <sup>3</sup> | pH  | Аммоний солевой, мг/дм <sup>3</sup> | Нитриты, мг/дм <sup>3</sup> | Нитраты, мг/дм <sup>3</sup> | Окисляем ость, мгО <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup> | Хлориды, мг/ дм <sup>3</sup> | Железо (Fe), мг/дм <sup>3</sup> | Температура, °С | Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup> | Общее микробное число (ОМЧ), КОЕ/см <sup>3</sup> | Общая жесткость, мг-экв/дм <sup>3</sup> |
|---------|---------------|---------------------|------------------------------|-----|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------------------------|--|---|
| 1       | 2             | 3                   | 4                            | 5   | 6                                   | 7                           | 8                           | 9   | 10                           | 11                              | 12              | 13                                | 14   | 15                                      |
| 01.2014 | 2             | 22                  | 7,7                          | 8,3 | 0,35                                | 0,0118                      | 0,26                        | 5,92  | 87                           | 0,116                           | 3,4             | 380                               | 9  | 4,4                                     |
| 02.2014 | 2             | 28                  | 5,9                          | 8,4 | 0,31                                | 0,011                       | 0,38                        | 6,16  | 99                           | 0,21                            | 5,8             | 380                               | 220  | 4,6                                     |
| 03.2014 | 2             | 38                  | 33,22                        | 8,4 | 0,38                                | 0,019                       | 0,33                        | 6,56  | 100                          | 0,27                            | 8,2             | 420                               | 60   | 5,4                                     |
| 04.2014 | 2             | 28                  | 14,1                         | 8,5 | 0,35                                | 0,018                       | 0,38                        | 6,08  | 111                          | 0,255                           | 15,7            | 410                               | 23   | 6,4                                     |
| 05.2014 | 2             | 30                  | 24,4                         | 8,2 | 0,22                                | 0,021                       | 0,17                        | 8   | 53                           | 0,69                            | 18,6            | 390                               | 47   | 5                                       |
| 06.2014 | 2             | 35                  | 17,3                         | 8,4 | 0,477                               | 0,015                       | 0,21                        | 5,44  | 44                           | 0,33                            | 18,3            | 360                               | 47   | 3,6                                     |
| 07.2014 | 2             | 28                  | 18                           | 8,3 | 0,422                               | 0,018                       | 0,29                        | 6,24  | 39                           | 0,34                            | 25,2            | 380                               | 49   | 4,2                                     |
| 08.2014 | 2             | 266                 | 13,4                         | 8,3 | 0,4                                 | 0,018                       | 0,26                        | 6,4   | 98                           | 0,34                            | 22              | 400                               | 66   | 5                                       |
| 09.2014 | 2             | 38                  | 24,                          | 8,3 | 0,36                                | 0,019                       | 0,24                        | 6,4   | 45                           | 0,32                            | 16              | 390                               | 47   | 4                                       |
| 10.2014 | 2             | 26                  | 17,4                         | 8,1 | 0,366                               | 0,019                       | 0,266                       | 6   | 52                           | 0,32                            | 14,3            | 400                               | 44   | 4,9                                     |
| 11.2014 | 2             | 22                  | 12,3                         | 8,3 | 0,41                                | 0,0025                      | 0,26                        | 6,8   | 44                           | 0,3                             | 7,8             | 400                               | 36   | 4,3                                     |
| 12.2014 | 2             | 22                  | 10,2                         | 8,3 | 0,46                                | 0,022                       | 0,24                        | 6   | 43                           | 0,3                             | 5               | 400                               | 29   | 4,8                                     |
| 01.2017 | 2             | 15                  | 4,8                          | 8,3 | -                                   | -                           | -                           | 3,34  | -                            | -                               | 2,3             | 394                               | 8  | 66                                      |
| 02.2017 | 2             | 34                  | 20,8                         | 8,3 | -                                   | -                           | -                           | 4,41  | -                            | -                               | 6,0             | 378                               | 21   | 5,2                                     |
| 03.2017 | 2             | 35                  | 16,9                         | 8,3 | 0,54                                | 0,094                       | 3,87                        | 4,41  | 57                           | 0,74                            | 9,4             | 380                               | 30   | 5,1                                     |
| 04.2017 | 2             | 17                  | 14,3                         | 8,4 | -                                   | -                           | -                           | 2,74  | -                            | -                               | 14,0            | 384                               | 21   | 5,1                                     |
| 05.2017 | 2             | 14                  | 12,4                         | 8,8 | -                                   | -                           | -                           | 3,19  | -                            | -                               | 15,0            | 386                               | 22   | 5,1                                     |
| 06.2017 | 2             | 24                  | 22,4                         | 8,2 | 0,74                                | 0,88                        | 0,411                       | 4,1   | 56,1                         | 0,71                            | 21,8            | 378                               | 21   | 4,5                                     |
| 07.2017 | 2             | 32                  | 198                          | 8,2 | -                                   | -                           | -                           | 3,8   | -                            | -                               | 24,3            | 376                               | 44   | 4,3                                     |
| 08.2017 | 2             | 28                  | 28,9                         | 8,3 | 0,4                                 | 0,065                       | -                           | 4,2   | 56,6                         | -                               | 28,6            | 384                               | 84   | 4,8                                     |
| 09.2017 | 2             | 36                  | 30                           | 8,2 | 0,55                                | 0,07                        | 0,31                        | 4,3   | 60,4                         | 0,54                            | -               | 370                               | 40   | 4,4                                     |
| 10.2017 | 2             | 36                  | 23,7                         | 8,5 | -                                   | -                           | -                           | 4,0   | 59                           | -                               | -               | 380                               | 42   | -                                       |
| 11.2017 | 2             | 30                  | 21,8                         | 8,2 | 0,41                                | 0,08                        | -                           | 34  | 55,3                         | -                               | 12,7            | 370                               | 8  | 4,5                                     |
| 12.2017 | 2             | 37                  | 27,4                         | 8,1 | 0,58                                | 0,084                       | 0,46                        | 2,6   | 65,8                         | 0,69                            | 7,5             | 400                               | 10   | 5,8                                     |

Таблица А.1.11 - Данные анализов воды Фронтového водохранилища

| Дата    | Запах, баллов | Цветность, град ПКШ | Мутность, мг/дм <sup>3</sup> | pH   | Аммоний солевой, мг/дм <sup>3</sup> | Нитриты, мг/дм <sup>3</sup> | Нитраты, мг/дм <sup>3</sup> | Окисляем ость, мгО <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup> | Хлориды, мг/ дм <sup>3</sup> | Железо (Fe), мг/дм <sup>3</sup> | Температура, °С | Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup> | Общее микробное число (ОМЧ), КОЕ/см <sup>3</sup> | Общая жесткость, мг-экв/ дм <sup>3</sup> |
|---------|---------------|---------------------|------------------------------|------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|------------------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------------------------|--|--|
| 1       | 2             | 3                   | 4                            | 5    | 6                                   | 7                           | 8                           | 9   | 10                           | 11                              | 12              | 13                                | 14   | 15                                       |
| 01.2014 | 2             | 20                  | 7                            | 8,3  | 0,33                                | 0,016                       | 0,22                        | 6   | 88                           | 0,17                            | 3               | 360                               | 16   | 4,4                                      |
| 02.2014 | 2             | 30                  | 14,5                         | 8,3  | 0,37                                | 0,013                       | 0,4                         | 6,24  | 79,5                         | 0,23                            | 5,6             | 400                               | 32   | 4,6                                      |
| 03.2014 | 2             | 35                  | 27,6                         | 8,2  | 0,4                                 | 0,018                       | 0,28                        | 6,44  | 120                          | 0,32                            | 8               | 460                               | 16   | 5,66                                     |
| 04.2014 | 2             | 2                   | 12,8                         | 8,1  | 0,33                                | 0,015                       | 0,33                        | 5,92  | 109                          | 0,24                            | 15,5            | 460                               | 644  | 6,3                                      |
| 05.2014 | 2             | 24                  | 11,5                         | 8    | 0,26                                | 0,02                        | 0,19                        | 7,4   | 112                          | 0,442                           | 18,7            | 400                               | 44   | 6  |
| 06.2014 | 2             | 30                  | 14,7                         | 8    | 0,42                                | 0,013                       | 0,19                        | 5,28  | 112                          | 0,228                           | 18,2            | 410                               | 51   | 6,22                                     |
| 07.2014 | 2             | 28                  | 16,7                         | 8,1  | 0,43                                | 0,02                        | 0,31                        | 6,08  | 1022                         | 0,3                             | 25              | 400                               | 47   | 5  |
| 08.2014 | 2             | 330                 | 15,2                         | 8,1  | 0,42                                | 0,02                        | 0,3                         | 6,16  | 102                          | 0,66                            | 25,2            | 422                               | 39   | 5,4                                      |
| 09.2014 | 2             | 40                  | 27,1                         | 8,22 | 0,45                                | 0,022                       | 0,28                        | 6,88  | 98                           | 0,36                            | 16,1            | 410                               | 43   | 5,11                                     |
| 10.2014 | 2             | 35                  | 22,6                         | 8,4  | 0,41                                | 0,024                       | 0,311                       | 6,4   | 100                          | 0,39                            | 14,2            | -                                 | 43   | 5,9                                      |
| 11.2014 | 2             | 40                  | 19,4                         | 8,4  | 0,5                                 | 0,033                       | 0,335                       | 7,68  | 106                          | 0,41                            | 7,6             | 420                               | 24   | 4,9                                      |
| 12.2014 | 2             | 28                  | 16                           | 8,4  | 0,56                                | 0,028                       | 0,31                        | 7,2   | 86                           | 0,34                            | 4,8             | 500                               | 9  | 5,4                                      |
| 01.2017 | 2             | 11                  | 3,5                          | 8,4  | -                                   | -                           | -                           | 3,5   | -                            | -                               | 2,4             | 412                               | 7  | 6,4                                      |
| 02.2017 | 2             | 32                  | 19,5                         | 8,3  | -                                   | -                           | -                           | 4,41  | -                            | -                               | 6               | 378                               | 19   | 5,2                                      |
| 03.2017 | 2             | 30                  | 14,3                         | 8,4  | 0,6                                 | 0,096                       | 4,05                        | 4,71  | 60                           | 0,77                            | 9,3             | 386                               | 42   | 5,3                                      |
| 04.2017 | 2             | 19                  | 15,6                         | 8,5  | -                                   | -                           | -                           | 3,19  | -                            | -                               | 14,1            | 392                               | 19   | 5,4                                      |
| 05.2017 | 2             | 18                  | 16,3                         | 8,6  | -                                   | -                           | -                           | 3,65  | -                            | -                               | 15,2            | 410                               | 118  | 5,8                                      |
| 06.2017 | 2             | 26                  | 26,3                         | 8,4  | 0,79                                | 0,099                       | -                           | 4,41  | 59,9                         | 0,7                             | 21,6            | 400                               | 27   | 4,8                                      |
| 07.2017 | 2             | 35                  | 21                           | 8,3  | -                                   | -                           | -                           | 4,1   | -                            | -                               | 24,1            | 380                               | 35   | 4,6                                      |
| 08.2017 | 2             | 30                  | 31,1                         | 8,4  | 0,53                                | 0,067                       | -                           | 4,4   | 64,1                         | -                               | 28,4            | 410                               | 84   | 5,0                                      |
| 09.2017 | 2             | 40                  | 32,8                         | 8,33 | 0,58                                | 0,072                       | 0,53                        | 4,4   | 73,5                         | 0,6                             | -               | 410                               | 45   | 5,0                                      |
| 10.2017 | 2             | 42                  | 29,1                         | 8,7  | -                                   | -                           | -                           | 4,8   | 77                           | -                               | -               | 410                               | 49   | -  |
| 11.2017 | 2             | 24                  | 6,2                          | 8,0  | 0,28                                | 0,055                       | -                           | 3,0   | 60,1                         | -                               | 12,6            | 390                               | 9  | 5,2                                      |
| 12.2017 | 2             | 15                  | 7,4                          | 7,5  | 0,56                                | 0,076                       | 0,41                        | 1,8   | 64,8                         | 0,64                            | 7,5             | 390                               | 11   | 5,4                                      |

Таблица А.1.12 - Данные анализов воды Изобильненского водохранилища

| Дата    | Запах, баллов | Цветность, град ПКШ | Мутность, мг/дм <sup>3</sup> | pH    | Аммоний солевой, мг/дм <sup>3</sup> | Нитриты, мг/дм <sup>3</sup> | Нитраты, мг/дм <sup>3</sup> | Окисляемость, мгО <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup> | Хлориды, мг/ дм <sup>3</sup> | Железо (Fe), мг/дм <sup>3</sup> | Щёлочность, моль/ дм <sup>3</sup> | Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup> | Общее микробное число (ОМЧ), КОЕ/см <sup>3</sup> | Общая жесткость, мг-экв/ дм <sup>3</sup> |
|---------|---------------|---------------------|------------------------------|-------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| 1       | 2             | 3                   | 4                            | 5     | 6                                   | 7                           | 8                           | 9  | 10                           | 11                              | 12                                | 13                                | 14   | 15                                       |
| 01.2017 | 0             | 5                   | 0,6                          | 8,006 | <0,05                               | 1,12                        | 1,12                        | 2,88   | 8                            | -                               | 2,6                               | 196,4                             | 3  | 3,2                                      |
| 02.2017 | 0             | 5                   | 0,6                          | 8,0   | <0,05                               | 1,7                         | 1,7                         | 2,0  | 9                            | -                               | 2,65                              | 203,8                             | 3  | 3,2                                      |
| 03.2017 | 0             | 5                   | 0,68                         | 8,09  | <0,05                               | 1,7                         | 1,7                         | 2,0  | 9                            | -                               | 2,65                              | 200,2                             | 3  | 3,3                                      |
| 04.2017 | 0             | 5                   | 0,6                          | 8,1   | <0,05                               | 3,17                        | 3,17                        | 2,08   | 9                            | -                               | 2,7                               | 198,2                             | 3  | 3,3                                      |
| 05.2017 | 0             | 5                   | 0,59                         | 8,07  | <0,05                               | 1,59                        | 1,59                        | 2,2  | 10                           | -                               | 2,6                               | 212,4                             | 3  | 3,4                                      |
| 06.2017 | 0             | 5                   | 1,26                         | 8,02  | <0,05                               | 2,02                        | 2,02                        | 4,56   | 10                           | -                               | 3,1                               | 224,4                             | 5  | 3,5                                      |
| 07.2017 | 0             | 5                   | 0,77                         | 7,87  | <0,05                               | 1,68                        | 1,68                        | 4,72   | 8                            | -                               | 3,1                               | 217,8                             | 5  | 3,5                                      |
| 08.2017 | 0             | 5                   | 0,77                         | 7,8   | <0,05                               | <0,003                      | 1,82                        | 1,89   | 9                            | -                               | 3,1                               | 216,8                             | 4  | 3,3                                      |
| 09.2017 | 0             | 5                   | 0,77                         | 7,78  | <0,05                               | <0,003                      | 1,54                        | 4,16   | 7                            | -                               | 3,1                               | 223,8                             | 4  | 3,4                                      |
| 10.2017 | 0             | 5                   | 0,77                         | 7,75  | <0,05                               | <0,003                      | 1,62                        | 5,55   | 6                            | -                               | 3,05                              | 216,2                             | 3  | 3,6                                      |
| 11.2017 | 0             | 5                   | 1,14                         | 7,81  | -                                   | -                           | -                           | 4,24   | 5                            | -                               | -                                 | 224,6                             | 5  | 3,2                                      |
| 12.2017 | 0             | 5                   | 2,23                         | 8,03  | -                                   | -                           | -                           | 4,64   | -                            | -                               | -                                 | 221                               | 2  | 3,3                                      |

Таблица А.1.13 - Результаты химических анализов воды из РЧВ Ялтинских ВОС

| Дата       | Запах, баллов | Цветность, град ПКШ | Мутность, мг/дм <sup>3</sup> | pH   | Аммоний солевой, г/дм <sup>3</sup> | Нитриты, мг/дм <sup>3</sup> | Нитраты, мг/дм <sup>3</sup> | Окисляемость, мгО <sub>2</sub> / дм <sup>3</sup> | Хлориды, мг/дм <sup>3</sup> | Железо (Fe), мг/дм <sup>3</sup> | алюминий (Al), мг/дм <sup>3</sup> | жесткость, моль/ дм <sup>3</sup> | щёлочность, моль/ дм <sup>3</sup> | Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup> |
|------------|---------------|---------------------|------------------------------|------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1          | 2             | 3                   | 4                            | 5    | 6                                  | 7                           | 8                           | 9  | 10                          | 11                              | 12                                | 13                               | 14                                | 15                                |
| 02.07.2016 | 1             | 9                   | 0,3                          | 7,67 | <0,05                              | <0,00                       | 1,83                        | 1,72   | 4,33                        | 0,03                            | <0,02                             | 3,5                              | 3,6                               | 210                               |

**ПРИЛОЖЕНИЕ А.2. РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗНАЧЕНИЙ МУТНОСТИ ДЛЯ СИМФЕРОПОЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

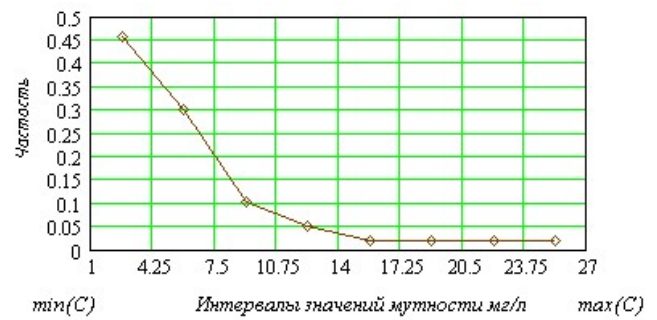
Таблица А.2.1 – Результаты статистической обработки измерений мутности Симферопольского водохранилища

| Интервал | Границы интервалов |            | Середина интервала, $C_{icp}$ | Частота $n_i$ | Частость $P_i^*$ |
|----------|--------------------|------------|-------------------------------|---------------|------------------|
|          | $C_{imin}$         | $C_{imax}$ |                               |               |                  |
| 1        | 1                  | 4,25       | 2,625                         | 44            | 0,458            |
| 2        | 4,25               | 7,5        | 5,875                         | 29            | 0,302            |
| 3        | 7,5                | 10,75      | 9,125                         | 10            | 0,104            |
| 4        | 10,75              | 14         | 12,375                        | 5             | 0,052            |
| 5        | 14                 | 17,25      | 15,625                        | 2             | 0,021            |
| 6        | 17,25              | 20,5       | 18,875                        | 2             | 0,021            |
| 7        | 20,5               | 23,75      | 22,125                        | 2             | 0,021            |
| 8        | 23,75              | 27         | 25,375                        | 2             | 0,021            |
|          |                    |            | <b>ИТОГО</b>                  | 96            | 1,0              |

На рисунке А.2.1 представлены гистограмма и полигон распределения значений мутности Симферопольского водохранилища.



а



б

Рисунок А.2.1 – Гистограмма (а) и полигон (б) распределения значений мутности для Симферопольского водохранилища

Таблица А.2.2 - Расчет параметров распределения мутности Симферопольского водохранилища

| Параметр                          | Сумм<br>а | Интервалы |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------------------------------|-----------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                   |           | 1         | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
| $C_{icp}$                         |           | 2,625     | 5,875  | 9,125  | 12,375 | 15,625 | 18,875 | 22,125 | 25,375 |
| $P_i^*$                           |           | 0,458     | 0,302  | 0,104  | 0,052  | 0,021  | 0,021  | 0,021  | 0,021  |
| $C_{icp} \cdot P_i^*$             | 6,29      | 1,202     | 1,774  | 0,949  | 0,643  | 0,328  | 0,396  | 0,465  | 0,533  |
| $C_{icp} - \bar{C}$               |           | -6,869    | -3,619 | -0,369 | 2,881  | 6,131  | 9,381  | 12,631 | 15,881 |
| $(C_{icp} - \bar{C})^2$           |           | 47,183    | 13,097 | 0,136  | 8,3    | 37,589 | 88,003 | 159,54 | 252,20 |
| $(C_{icp} - \bar{C})^2 \cdot P_i$ | 55,585    | 24,063    | 3,549  | 0,011  | 0,349  | 0,789  | 17,601 | 6,701  | 2,522  |

В результате получим для значений мутности Симферопольского водохранилища:

- средняя мутность за время измерений  $\bar{C} = \sum_{i=1}^f C_{icp} \cdot P_i^* = 6,29 \text{ мг/л}$  ;

- дисперсия мутности  $\sigma_C^2 = \sum_{i=1}^f (C_{icp} - \bar{C})^2 \cdot P_i^* = 55,585 (\text{мг/л})^2$  ;

- средне квадратичное отклонение мутности  $\sigma_c = \sqrt{\sigma_c^2} = \sqrt{55,585} = 7,456 \text{ мг/л}$  .



Параметр предполагаемого показательного распределения:  $\lambda^* = \frac{1}{6,29} = 0,159$ .

Дифференциальная функция предполагаемого показательного распределения имеет вид:

$$f(C) = 0,159 \cdot e^{-0,159C}.$$

Вероятности попадания значения  $C$  в каждый из интервалов:

$$P_1 = P(1 < C < 4,25) = e^{-0,159 \cdot 1} - e^{-0,159 \cdot 4,25} = 0,853 - 0,509 = 0,344;$$

$$P_2 = P(4,25 < C < 7,5) = e^{-0,159 \cdot 4,25} - e^{-0,159 \cdot 7,5} = 0,509 - 0,304 = 0,205;$$

$$P_3 = P(7,5 < C < 10,75) = e^{-0,159 \cdot 7,5} - e^{-0,159 \cdot 10,75} = 0,304 - 0,181 = 0,123;$$

$$P_4 = P(10,75 < C < 14) = e^{-0,159 \cdot 10,75} - e^{-0,159 \cdot 14} = 0,181 - 0,108 = 0,073;$$

$$P_5 = P(14 < C < 17,25) = e^{-0,159 \cdot 14} - e^{-0,159 \cdot 17,25} = 0,108 - 0,064 = 0,044;$$

$$P_6 = P(17,25 < C < 20,5) = e^{-0,159 \cdot 17,25} - e^{-0,159 \cdot 20,5} = 0,064 - 0,038 = 0,026;$$

$$P_7 = P(20,5 < C < 23,75) = e^{-0,159 \cdot 20,5} - e^{-0,159 \cdot 23,75} = 0,038 - 0,023 = 0,015;$$

$$P_8 = P(23,75 < C < 27) = e^{-0,159 \cdot 23,75} - e^{-0,159 \cdot 27} = 0,023 - 0,014 = 0,009;$$

Таблица А.2.3 - Выравнивание результатов измерений по показательному закону распределения

| Параметр  | Интервалы |       |        |        |        |        |        |        |
|-----------|-----------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           | 1         | 2     | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
| $C_{icp}$ | 2,625     | 5,875 | 9,125  | 12,375 | 15,625 | 18,875 | 22,125 | 25,375 |
| $n_i$     | 44        | 29    | 10     | 5      | 2      | 2      | 2      | 2      |
| $P_i^*$   | 0,458     | 0,302 | 0,104  | 0,052  | 0,021  | 0,021  | 0,021  | 0,021  |
| $P_i$     | 0,344     | 0,205 | 0,123  | 0,073  | 0,044  | 0,026  | 0,015  | 0,009  |
| $n'_i$    | 33,024    | 19,68 | 11,808 | 7,008  | 4,224  | 2,496  | 1,44   | 0,864  |

Результаты сравнения эмпирических и теоретических частот при помощи критерия Пирсона, приведены в таблице А.2.4.

Таблица А.2.4 - Расчет критерия согласия Пирсона  $\chi^2$

| Параметр                      | Интервалы |       |        |        |        |        |        |        |
|-------------------------------|-----------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                               | 1         | 2     | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
| $C_{icp}$                     | 2,625     | 5,875 | 9,125  | 12,375 | 15,625 | 18,875 | 22,125 | 25,375 |
| $n_i$                         | 44        | 29    | 10     | 5      | 2      | 2      | 2      | 2      |
| $n'_i$                        | 33,024    | 19,68 | 11,808 | 7,008  | 4,224  | 2,496  | 1,44   | 0,864  |
| $n_i - n'_i$                  | 10,976    | 9,32  | -1,808 | -2,008 | -2,224 | -0,496 | 0,56   | 1,136  |
| $(n_i - n'_i)^2$              | 120,47    | 86,86 | 3,27   | 4,03   | 4,95   | 0,246  | 0,31   | 1,29   |
| $\frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$ | 3,648     | 4,414 | 0,277  | 0,575  | 1,171  | 0,099  | 0,218  | 1,494  |

Из таблицы А.2.4 критерий Пирсона  $\chi^2 = \sum_{i=1}^f \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i} = 11,896$ . По таблице критических точек распределения  $\chi^2$  по уровню значимости  $\alpha=0,05$  и числу степеней свободы  $k=8-2=6$  находим критическую точку правосторонней критической области  $\chi^2(0,05;6)=12,6$ .

Так как  $\chi^2_{набл} < \chi^2_{кр}$ , то нет оснований отвергнуть гипотезу о распределении  $C$  по показательному закону распределения. Данные наблюдения согласуются с этой теорией.

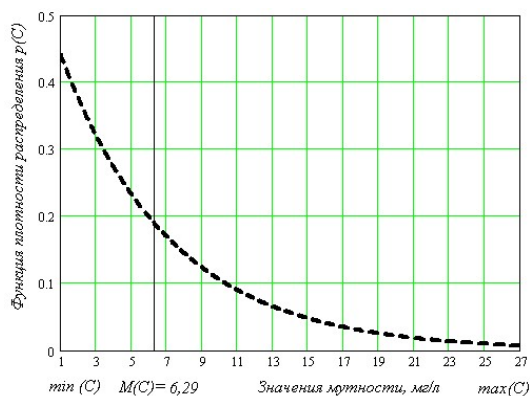


Рисунок А.2.2.2 - Зависимость теоретической частоты значений мутности для Симферопольского водохранилища  
**ПРИЛОЖЕНИЕ А.3. РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗНАЧЕНИЙ ЦВЕТНОСТИ ДЛЯ СИМФЕРОПОЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

Таблица А.3.1 - Результаты измерений цветности Симферопольского водохранилища

| Интервал | Границы интервалов |            | Середина интервала, $\bar{C}_{icp}$ | Частота $n_i$ | Частость $P_i^*$ |
|----------|--------------------|------------|-------------------------------------|---------------|------------------|
|          | $C_{imin}$         | $C_{imax}$ |                                     |               |                  |
| 1        | 1                  | 5,875      | 3,438                               | 22            | 0,229            |
| 2        | 5,875              | 10,75      | 8,313                               | 28            | 0,292            |
| 3        | 10,75              | 15,625     | 13,188                              | 19            | 0,198            |
| 4        | 15,625             | 20,5       | 18,063                              | 13            | 0,135            |
| 5        | 20,5               | 25,375     | 22,938                              | 6             | 0,063            |
| 6        | 25,375             | 30,25      | 27,813                              | 4             | 0,042            |
| 7        | 30,25              | 35,125     | 32,688                              | 2             | 0,021            |
| 8        | 35,125             | 40         | 37,563                              | 2             | 0,021            |
|          |                    |            | <b>ИТОГО</b>                        | 96            | 1,0              |

На рисунке А.3.1 представлены гистограмма и полигон распределения значений цветности.



Рисунок А.3.1 – Гистограмма (а) и полигон (б) распределения значений цветности Симферопольского водохранилища.

Таблица А.3.2 - Расчет параметров распределения значений цветности Симферопольского водохранилища

| Параметр                                | Сумма  | Интервалы |        |        |                        |        |        |        |         |
|---|--------|-----------|--------|--------|------------------------|--------|--------|--------|---------|
|   |        | 1         | 2      | 3      | 4                      | 5      | 6      | 7      | 8       |
| $\bar{C}_{icp}$                         |        | 3,438     | 8,313  | 13,188 | 18,063                 | 22,938 | 27,813 | 32,688 | 37,563  |
| $P_i^*$                                 |        | 0,229     | 0,292  | 0,198  | 0,135                  | 0,063  | 0,042  | 0,021  | 0,021   |
| $\bar{C}_{icp} \cdot P_i^*$             | 12,352 | 0,787     | 2,427  | 2,611  | 2,439                  | 1,445  | 1,168  | 0,686  | 0,789   |
| $\bar{C}_{icp} - \bar{C}$               |        | -9,727    | -6,477 | -3,227 | 0,023                  | 3,273  | 6,523  | 9,773  | 13,023  |
| $(\bar{C}_{icp} - \bar{C})^2$           |        | 94,615    | 41,952 | 10,414 | 5,29*10 <sup>-4</sup>  | 10,713 | 42,55  | 95,512 | 169,590 |
| $(\bar{C}_{icp} - \bar{C})^2 \cdot P_i$ | 44,009 | 21,667    | 12,25  | 2,062  | 7,142*10 <sup>-5</sup> | 0,675  | 1,787  | 2,006  | 3,562   |

В результате получим для значений цветности Симферопольского водохранилища:

$$\text{- среднее значение цветности за время измерений } \bar{Ц} = \sum_{i=1}^f Ц_{icp} \cdot P_i^* = 12,352^{\circ} \text{ПКШ};$$

$$\text{- дисперсия значений цветности } \sigma_{Ц}^2 = \sum_{i=1}^f (Ц_{icp} - \bar{Ц})^2 \cdot P_i^* = 44,009 (^{\circ} \text{ПКШ})^2;$$

$$\text{- средне квадратичное отклонение значений цветности } \sigma_{Ц} = \sqrt{\sigma_{Ц}^2} = \sqrt{44,009} = 6,634^{\circ} \text{ПКШ}.$$

Определим оценку параметра предполагаемого показательного распределения:

$$\lambda^* = \frac{1}{12,352} = 0,081.$$

Таким образом, дифференциальная функция предполагаемого показательного распределения имеет вид:  $f(Ц) = 0,081 \cdot e^{-0,081 \cdot Ц}$ .

Найдем вероятности попадания Ц в каждый из интервалов по формуле:

$$P_1 = P(1 < Ц < 5,875) = e^{-0,081 \cdot 1} - e^{-0,081 \cdot 5,875} = 0,922 - 0,621 = 0,301;$$

$$P_2 = P(5,875 < Ц < 10,75) = e^{-0,081 \cdot 5,875} - e^{-0,081 \cdot 10,75} = 0,621 - 0,419 = 0,202;$$

$$P_3 = P(10,75 < Ц < 15,625) = e^{-0,081 \cdot 10,75} - e^{-0,081 \cdot 15,625} = 0,419 - 0,282 = 0,137;$$

$$P_4 = P(15,625 < Ц < 20,5) = e^{-0,081 \cdot 15,625} - e^{-0,081 \cdot 20,5} = 0,282 - 0,19 = 0,092;$$

$$P_5 = P(20,5 < Ц < 25,375) = e^{-0,081 \cdot 20,5} - e^{-0,081 \cdot 25,375} = 0,19 - 0,128 = 0,062;$$

$$P_6 = P(25,375 < Ц < 30,25) = e^{-0,081 \cdot 25,375} - e^{-0,081 \cdot 30,25} = 0,128 - 0,086 = 0,042;$$

$$P_7 = P(30,25 < Ц < 35,125) = e^{-0,081 \cdot 30,25} - e^{-0,081 \cdot 35,125} = 0,086 - 0,058 = 0,028;$$

$$P_8 = P(35,125 < Ц < 40) = e^{-0,081 \cdot 35,125} - e^{-0,081 \cdot 40} = 0,058 - 0,039 = 0,019;$$

Определим теоретические частоты:  $n'_i = 96 \cdot P_i = 96 \cdot 0,301 = 28,896$ .

Таблица А.3.3 - Выравнивание результатов измерений по показательному закону распределения

| Параметр  | Интервалы |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           | 1         | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
| $Ц_{icp}$ | 3,438     | 8,313  | 13,188 | 18,063 | 22,938 | 27,813 | 32,688 | 37,563 |
| $n_i$     | 22        | 28     | 19     | 13     | 6      | 4      | 2      | 2      |
| $P_i^*$   | 0,229     | 0,292  | 0,198  | 0,135  | 0,063  | 0,042  | 0,021  | 0,021  |
| $P_i$     | 0,301     | 0,202  | 0,137  | 0,092  | 0,062  | 0,042  | 0,028  | 0,019  |
| $n'_i$    | 28,896    | 19,392 | 13,152 | 8,832  | 5,952  | 4,032  | 2,688  | 1,824  |

Результаты сравнения эмпирических и теоретических частот при помощи критерия Пирсона, сведены в таблицу А.3.4.

Таблица А.3.4 - Расчет критерия согласия Пирсона  $\chi^2$

| Параметр                      | Интервалы |        |        |        |                       |                       |        |        |
|-------------------------------|-----------|--------|--------|--------|-----------------------|-----------------------|--------|--------|
|                               | 1         | 2      | 3      | 4      | 5                     | 6                     | 7      | 8      |
| $Ц_{icp}$                     | 3,438     | 8,313  | 13,188 | 18,063 | 22,938                | 27,813                | 32,688 | 37,563 |
| $n_i$                         | 22        | 28     | 19     | 13     | 6                     | 4                     | 2      | 2      |
| $n'_i$                        | 28,896    | 19,392 | 13,152 | 8,832  | 5,952                 | 4,032                 | 2,688  | 1,824  |
| $n_i - n'_i$                  | -6,896    | 8,608  | 5,848  | 4,168  | 0,048                 | -0,032                | -0,688 | 0,176  |
| $(n_i - n'_i)^2$              | 47,555    | 74,098 | 34,199 | 17,372 | $2,304 \cdot 10^{-2}$ | $1,024 \cdot 10^{-3}$ | 0,473  | 0,031  |
| $\frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$ | 1,646     | 3,821  | 2,6    | 1,967  | $3,871 \cdot 10^{-4}$ | $2,54 \cdot 10^{-4}$  | 0,176  | 0,17   |

Из таблицы А.3.4 критерий Пирсона  $\chi^2 = \sum_{i=1}^f \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i} = 10,228$ . По таблице критических точек распределения  $\chi^2$  по уровню значимости  $\alpha=0,05$  и числу степеней свободы  $k=8-2=6$  находим критическую точку правосторонней критической области  $\chi^2(0,05;6)=12,6$ .

Так как  $\chi^2_{набл} < \chi^2_{кр}$  - нет оснований отвергнуть гипотезу о распределении значений цветности по показательному закону распределения. Данные наблюдения согласуются с этой теорией.

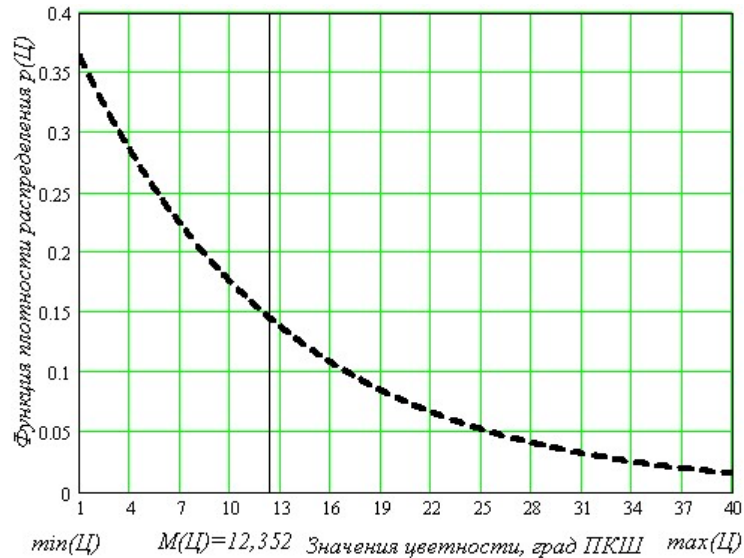


Рисунок А.3.2 - Зависимость теоретической частоты значений цветности Симферопольского водохранилища

#### ПРИЛОЖЕНИЕ А.4. РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗНАЧЕНИЙ ПЕРМАНГАНАТНОЙ ОКИСЛЯЕМОСТИ ДЛЯ СИМФЕРОПОЛЬСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

$ПО_{max}=9$  мгО<sub>2</sub>/л  $ПО_{min}=2$  мгО<sub>2</sub>/л, размах выборки по ПО -  $W_{ПО}=9-2=7$  мгО<sub>2</sub>/л, ширина диапазона:

$$d_{по} = \frac{7}{8} = 0,875 \text{ мгО}_2 / \text{л}.$$

По результатам предварительной обработки результатов значений перманганатной окисляемости составлена таблица А.4.1.

Таблица А.4.1 - Значения предварительной обработки ПО для Симферопольского водохранилища

| Интервал | Границы интервалов |             | Середина интервала, $ПО_{ср}$ | Частота, $n_i$ | Частость, $P_i^*$ |
|----------|--------------------|-------------|-------------------------------|----------------|-------------------|
|          | $ПО_{imin}$        | $ПО_{imax}$ |                               |                |                   |
| 1        | 2                  | 2,875       | 2,438                         | 14             | 0,146             |
| 2        | 2,875              | 3,75        | 3,313                         | 16             | 0,167             |
| 3        | 3,75               | 4,625       | 4,188                         | 24             | 0,25              |
| 4        | 4,625              | 5,5         | 5,063                         | 16             | 0,167             |
| 5        | 5,5                | 6,375       | 5,938                         | 11             | 0,115             |
| 6        | 6,375              | 7,25        | 6,813                         | 7              | 0,073             |
| 7        | 7,25               | 8,125       | 7,688                         | 6              | 0,063             |
| 8        | 8,125              | 9           | 8,563                         | 2              | 0,021             |
|          |                    |             | <b>ИТОГО</b>                  | 96             | 1,0               |

На рисунке А.4.1 представлены гистограмма и полигон распределения значений перманганатной окисляемости для Симферопольского водохранилища.

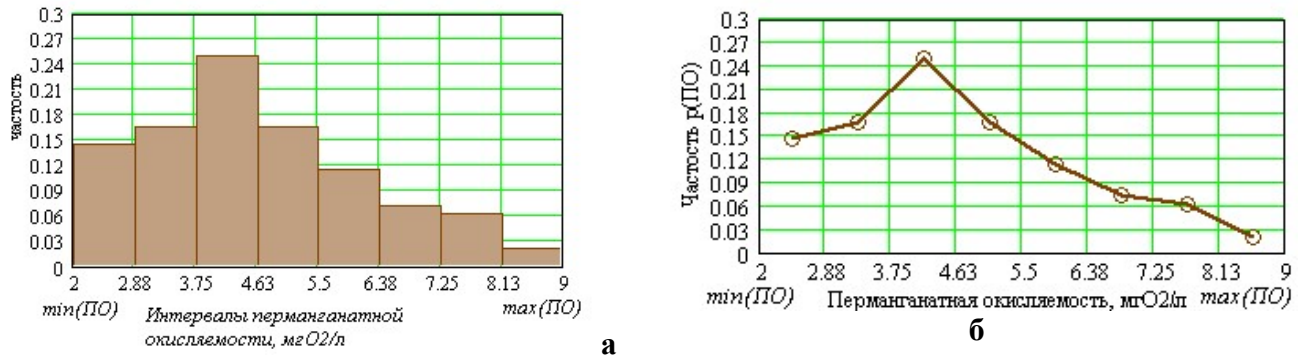


Рисунок А.4.1 - Гистограмма (а) и полигон (б) значений перманганатной окисляемости  
Таблица А.4.2 - Расчет параметров распределения показателя перманганатная окисляемости в Симферопольском водохранилище

| Параметр                                   | Сумма | Интервалы |        |        |       |       |       |       |        |
|--|-------|-----------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
|  |       | 1         | 2      | 3      | 4     | 5     | 6     | 7     | 8      |
| $ПО_{icp}$                                 |       | 2,438     | 3,313  | 4,188  | 5,063 | 5,938 | 6,813 | 7,688 | 8,563  |
| $P_i^*$                                    |       | 0,146     | 0,167  | 0,25   | 0,167 | 0,115 | 0,073 | 0,063 | 0,021  |
| $ПО_{icp} \cdot P_i^*$                     | 4,646 | 0,356     | 0,553  | 1,047  | 0,846 | 0,683 | 0,497 | 0,484 | 0,18   |
| $ПО_{icp} - \overline{ПО}$                 |       | -2,208    | -1,333 | -0,458 | 0,417 | 1,292 | 2,167 | 3,042 | 3,917  |
| $(ПО_{icp} - \overline{ПО})^2$             |       | 4,875     | 1,777  | 0,21   | 0,174 | 1,669 | 4,696 | 9,254 | 15,343 |
| $(ПО_{icp} - \overline{ПО})^2 \cdot P_i^*$ | 2,53  | 0,712     | 0,297  | 0,053  | 0,029 | 0,192 | 0,343 | 0,583 | 0,322  |

В результате получим для значений перманганатной окисляемости:

- среднее значение за время измерений  $\overline{ПО} = \sum_{i=1}^f ПО_{icp} \cdot P_i^* = 4,646 \text{ мгО}_2 / \text{л}$  ;

- дисперсия значений ПО  $\sigma_{ПО}^2 = \sum_{i=1}^f (ПО_{icp} - \overline{ПО})^2 \cdot P_i^* = 2,53 (\text{мгО}_2 / \text{л})^2$  ;

- среднее квадратичное отклонение ПО  $\sigma_{ПО} = \sqrt{\sigma_{ПО}^2} = \sqrt{2,53} = 1,591 \text{ мгО}_2 / \text{л}$  .

Определим параметр  $Z$  :

- для максимального значения ПО  $Z' = \frac{|9 - 4,646|}{1,591} = 2,737 \leq M$  ;

- для минимального значения ПО  $Z'' = \frac{|2 - 4,646|}{1,591} = 1,663 \leq M$  ;

При числе измерений  $N=96$  предельное значение критерия Шовене  $[Z] = 2,78$  .

Следовательно, промахи измерений значений перманганатной окисляемости в рассмотренной выборке отсутствуют. В случае наличия промаха его устраняют и статистический ряд пересчитывают.

Коэффициент вариации для рассмотренной выборки значений ПО:

$$v = \frac{1,591}{4,646} = 0,34 .$$

Следовательно, распределение значений ПО за время наблюдений может быть подчинено как закону нормального распределения, так и закону Вейбулла-Гнеденко.

Для полученных статистических характеристик результатов измерения значений ПО дифференциальная функция распределения имеет вид:

$$f(ПО) = \frac{0,875}{1,591 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(ПО-4,646)^2}{2 \cdot 2,53}} = 0,219 \cdot e^{-0,198(ПО-4,646)^2}$$

Результаты выравнивания измерений значений ПО нормальному закону распределения, представлены в таблице А.4.3.

$$t_{поi} = \frac{ПО_{icp} - 4,646}{1,591}$$

Таблица А.4.3 - Выравнивания результатов измерений ПО нормальному закону распределения

| Параметр   | Интервалы |        |        |        |        |        |        |        |
|--|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|  | 1         | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
| $ПО_{icp}$   | 2,438     | 3,313  | 4,188  | 5,063  | 5,938  | 6,813  | 7,688  | 8,563  |
| $n_i$  | 14        | 16     | 24     | 16     | 11     | 7      | 6      | 2      |
| $P_i^*$  | 0,146     | 0,167  | 0,25   | 0,167  | 0,115  | 0,073  | 0,063  | 0,021  |
| $(ПО_{icp} - \overline{ПО})$                             | -2,208    | -1,333 | -0,458 | 0,417  | 1,292  | 2,167  | 3,042  | 3,917  |
| $t_{поi} = \frac{ПО_{icp} - \overline{ПО}}{\sigma_{по}}$ | -1,388    | -0,838 | -0,288 | 0,262  | 0,812  | 1,362  | 1,912  | 2,462  |
| $f(t_{поi})$   | 0,1518    | 0,2803 | 0,3835 | 0,3857 | 0,2874 | 0,1582 | 0,0644 | 0,0194 |
| $P_i$  | 0,083     | 0,154  | 0,211  | 0,212  | 0,158  | 0,087  | 0,035  | 0,011  |
| $n_i^*$  | 8,015     | 14,8   | 20,249 | 20,365 | 15,175 | 8,353  | 3,4    | 1,024  |

Частость для теоретического закона результатов измерений  $P_i = \left( \frac{dПО_1}{\sigma_{по}} \right) \cdot f(t_{поi})$ , где  $dПО = 0,875 \text{ мгО}_2/\text{л}$ ,  $\sigma_{по} = 1,591 \text{ мгО}_2/\text{л}$ , следовательно  $dПО/\sigma_{по} = 0,55$ .

Результаты выравнивания значений ПО по нормальному закону представляем графически на рисунке А.4.2 в виде зависимостей частот эмпирической  $n=f(ПО)$  и теоретической  $n^*=f(ПО)$ .

После выравнивания результатов измерений определяют их соответствие выбранному теоретическому закону распределения. Гипотеза, которая проверяется, состоит в том, что результаты измерений соответствуют выбранному закону распределения. Для обоснования выбора определенного теоретического закона применяют критерии согласия.

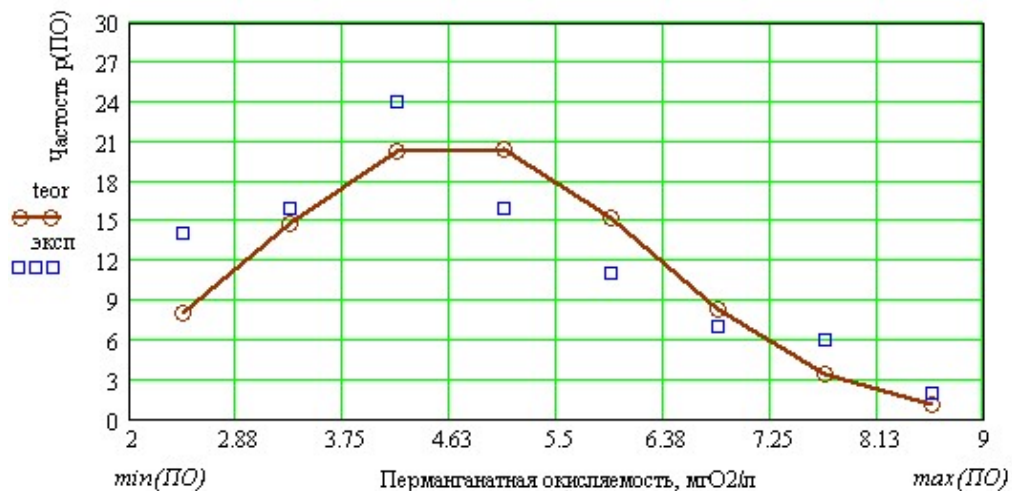


Рисунок А.4.2 - Выравнивание результатов измерений значений ПО нормальному закону распределения

Результаты расчета критерия согласия Пирсона  $\chi^2$  представлены в таблице А.4.4.

Таблица А.4.4 - Расчет критерия согласия Пирсона  $\chi^2$ 

| Параметр                        | Интервалы |       |        |        |        |        |       |       |
|---------------------------------|-----------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
|                                 | 1         | 2     | 3      | 4      | 5      | 6      | 7     | 8     |
| $ПО_{icp}$                      | 2,438     | 3,313 | 4,188  | 5,063  | 5,938  | 6,813  | 7,688 | 8,563 |
| $n_i$                           | 14        | 16    | 24     | 16     | 11     | 7      | 6     | 2     |
| $n_i^*$                         | 8,015     | 14,8  | 20,249 | 20,365 | 15,175 | 8,353  | 3,4   | 1,024 |
| $n_i - n_i^*$                   | 5,985     | 1,2   | 3,751  | -4,365 | -4,175 | -1,353 | 2,6   | 0,976 |
| $(n_i - n_i^*)^2$               | 35,82     | 1,44  | 14,07  | 19,053 | 17,431 | 1,831  | 6,76  | 0,953 |
| $\frac{(n_i - n_i^*)^2}{n_i^*}$ | 4,469     | 0,097 | 0,695  | 0,936  | 1,149  | 0,219  | 1,988 | 0,93  |

Критерий Пирсона  $\chi^2 = \sum_{i=1}^f \frac{(n_i - n_i^*)^2}{n_i^*} = 10,483$ , выполняется условие:

$$0,55 < \chi^2 < 20,52.$$

Следовательно, гипотеза о том, что измеренные величины значений  $ПО$  описываются нормальным законом распределения с параметрами среднее значение  $\overline{ПО} = 4,646 \text{ мгО}_2/\text{л}$  и дисперсия  $\sigma = 1,591 \text{ мгО}_2/\text{л}$  верная.

Зависимость теоретической частоты значений  $ПО$   $p(ПО_{2i}) = f(ПО)_i$  представляется формулой, а график этой зависимости в диапазоне  $ПО_{max} \leq ПО \leq ПО_{min}$  представлен на рисунке А.4.3.

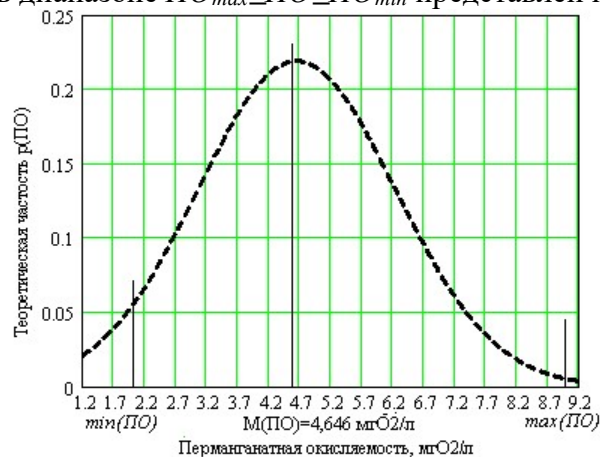


Рисунок А.4.3 - Зависимость теоретической частоты значений  $ПО$  для воды Симферопольского водохранилища

## ПРИЛОЖЕНИЕ А.5. РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗНАЧЕНИЙ МУТНОСТИ ДЛЯ ПАРТИЗАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Таблица А.5.1 - Результаты предварительной обработки измерений мутности Партизанского водохранилища

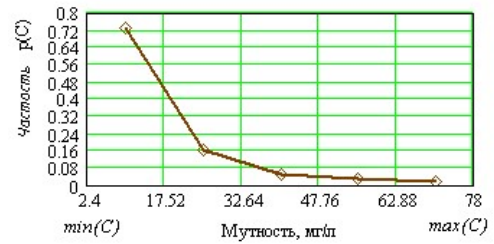
| Интервал | Границы интервалов |            | Середина интервала $C_{icp}$ | Частота $n_i$ | Частота $P_i^*$ |
|----------|--------------------|------------|------------------------------|---------------|-----------------|
|          | $C_{imin}$         | $C_{imax}$ |                              |               |                 |
| 1        | 2,4                | 17,52      | 9,96                         | 44            | 0,733           |
| 2        | 17,52              | 32,64      | 25,08                        | 10            | 0,167           |
| 3        | 32,64              | 47,76      | 40,2                         | 3             | 0,05            |
| 4        | 47,76              | 62,88      | 55,32                        | 2             | 0,033           |
| 5        | 62,88              | 78         | 70,44                        | 1             | 0,017           |
|          |                    |            | <b>ИТОГО</b>                 | 60            | 1,0             |

На рисунке А.5.1 представлены гистограмма и полигон распределения мутности Партизанского водохранилища





а



б

Рисунок А.5.1 - Гистограмма (а) и полигон (б) распределения значений мутности для Партизанского водохранилища

Таблица А.5.2 - Расчет параметров распределения мутности Партизанского водохранилища

| Параметр                          | Сумма  | Интервалы |        |         |        |        |
|-----------------------------------|--------|-----------|--------|---------|--------|--------|
|                                   |        | 1         | 2      | 3       | 4      | 5      |
| $C_{icp}$                         |        | 9,96      | 25,08  | 40,2    | 55,32  | 70,44  |
| $P_i^*$                           |        | 0,733     | 0,167  | 0,05    | 0,033  | 0,017  |
| $C_{icp} \cdot P_i^*$             | 16,522 | 7,301     | 4,188  | 2,01    | 1,826  | 1,197  |
| $C_{icp} - \bar{C}$               |        | -6,562    | 8,558  | 23,678  | 38,798 | 53,918 |
| $(C_{icp} - \bar{C})^2$           |        | 43,06     | 73,239 | 560,648 | 1505   | 2907   |
| $(C_{icp} - \bar{C})^2 \cdot P_i$ | 170,91 | 31,563    | 12,231 | 28,032  | 49,665 | 49,419 |

В результате получим для значений мутности Симферопольского водохранилища:

- средняя мутность за время измерений  $\bar{C} = \sum_{i=1}^f C_{icp} \cdot P_i^* = 16,522 \text{ мг / л}$ ;

- дисперсия мутности  $\sigma_C^2 = \sum_{i=1}^f (C_{icp} - \bar{C})^2 \cdot P_i^* = 170,91 (\text{мг / л})^2$ ;

- средне квадратичное отклонение мутности  $\sigma_Q = \sqrt{\sigma_C^2} = \sqrt{170,91} = 13,073 \text{ мг / л}$ .

Параметр предполагаемого показательного распределения:  $\lambda^* = \frac{1}{16,52} = 0,061$ .

Дифференциальная функция предполагаемого показательного распределения имеет вид:

$$f(C) = 0,061 \cdot e^{-0,061C}.$$

Вероятности попадания  $C$  в каждый из интервалов по формуле:

$$P_1 = P(2,4 < C < 17,52) = e^{-0,061 \cdot 2,4} - e^{-0,061 \cdot 17,52} = 0,865 - 0,346 = 0,519;$$

$$P_2 = P(17,52 < C < 32,64) = e^{-0,061 \cdot 17,52} - e^{-0,061 \cdot 32,64} = 0,346 - 0,139 = 0,207;$$

$$P_3 = P(32,64 < C < 47,76) = e^{-0,061 \cdot 32,64} - e^{-0,061 \cdot 47,76} = 0,139 - 0,056 = 0,083;$$

$$P_4 = P(47,76 < C < 62,88) = e^{-0,061 \cdot 47,76} - e^{-0,061 \cdot 62,88} = 0,056 - 0,022 = 0,034;$$

$$P_5 = P(62,88 < C < 78) = e^{-0,061 \cdot 62,88} - e^{-0,061 \cdot 78} = 0,022 - 0,00089 = 0,013.$$

Таблица А.5.3 - Выравнивание результатов измерений по показательному закону распределения

| Параметр  | Интервалы |       |       |       |       |
|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|
|           | 1         | 2     | 3     | 4     | 5     |
| $C_{icp}$ | 9,96      | 25,08 | 40,2  | 55,32 | 70,44 |
| $n_i$     | 44        | 10    | 3     | 2     | 1     |
| $P_i^*$   | 0,733     | 0,167 | 0,05  | 0,033 | 0,017 |
| $P_i$     | 0,519     | 0,207 | 0,083 | 0,034 | 0,013 |
| $n'_i$    | 31,14     | 12,42 | 4,98  | 2,04  | 0,78  |



Результаты сравнение эмпирической и теоретической частоты с помощью критерия Пирсона приведены в расчетной таблице А.5.4.

Таблица А.5.4 - Расчет критерия согласия Пирсона  $\chi^2$

| Параметр                      | Интервалы |       |       |                       |       |
|-------------------------------|-----------|-------|-------|-----------------------|-------|
|                               | 1         | 2     | 3     | 4                     | 5     |
| $C_{icp}$                     | 9,96      | 25,08 | 40,2  | 55,32                 | 70,44 |
| $n_i$                         | 44        | 10    | 3     | 2                     | 1     |
| $n'_i$                        | 31,14     | 12,42 | 4,98  | 2,04                  | 0,78  |
| $n_i - n'_i$                  | 12,86     | -2,42 | -1,98 | -0,04                 | 0,22  |
| $(n_i - n'_i)^2$              | 165,38    | 5,856 | 3,92  | $1,6 \cdot 10^{-3}$   | 0,048 |
| $\frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$ | 5,311     | 0,472 | 0,787 | $7,843 \cdot 10^{-4}$ | 0,062 |

Из таблицы А.5.4 критерий Пирсона  $\chi^2 = \sum_{i=1}^f \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i} = 6,633$ . По таблице критических точек распределения  $\chi^2$  по уровню значимости  $\alpha=0,05$  и числу степеней свободы  $k=5-2=3$  находим критическую точку правосторонней критической области  $\chi^2(0,05;3) = 7,8$ .

Так как  $\chi^2_{набл} < \chi^2_{кр}$  - нет оснований отвергнуть гипотезу о распределении  $C$  по показательному закону распределения. Данные наблюдения согласуются с этой теорией.

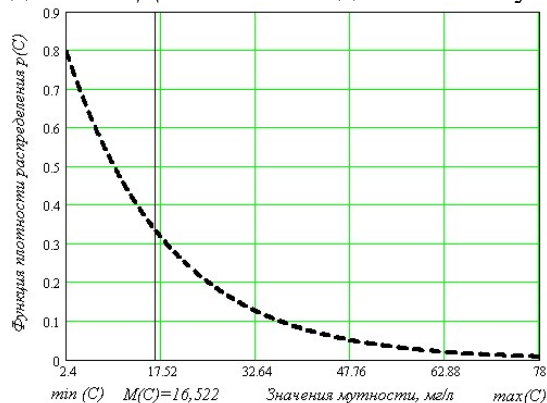


Рисунок А.5.2 - Зависимость теоретической частоты значений мутности для Партизанского водохранилища

## ПРИЛОЖЕНИЕ А.6. РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗНАЧЕНИЙ ЦВЕТНОСТИ ДЛЯ ПАРТИЗАНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Таблица А.6.1 - Результаты предварительной обработки измерений цветности Партизанского водохранилища

| Интервал | Границы интервалов, град ПКШ |             |              | Частота $n_i$ | Частость $P_i^*$ |
|----------|------------------------------|-------------|--------------|---------------|------------------|
|          | $C_{i\min}$                  | $C_{i\max}$ | $C_{icp}$    |               |                  |
| 1        | 7                            | 14,875      | 10,938       | 21            | 0,35             |
| 2        | 14,875                       | 22,75       | 18,813       | 13            | 0,217            |
| 3        | 22,75                        | 30,625      | 26,688       | 9             | 0,15             |
| 4        | 30,625                       | 38,5        | 34,563       | 8             | 0,133            |
| 5        | 38,5                         | 46,375      | 42,438       | 4             | 0,067            |
| 6        | 46,375                       | 54,25       | 50,313       | 2             | 0,033            |
| 7        | 54,25                        | 62,125      | 58,188       | 2             | 0,033            |
| 8        | 62,125                       | 70          | 66,063       | 1             | 0,017            |
|          |                              |             | <b>ИТОГО</b> | 60            | 1,0              |

На рисунке А.6.1 представлены гистограмма и полигон распределения значений цветности Партизанского водохранилища.



а



б

Рисунок А.6.1 – Гистограмма (а) и полигон (б) распределения значений цветности Партизанского водохранилища

Таблица А.6.2 - Расчет параметров распределения значений цветности Партизанского водохранилища

| Параметр                          | Сумма  | Интервалы |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------------------------------|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                   |        | 1         | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
| $U_{icp}$                         |        | 10,938    | 18,813 | 26,688 | 34,563 | 42,438 | 50,313 | 58,188 | 66,063 |
| $P_i^*$                           |        | 0,35      | 0,217  | 0,15   | 0,133  | 0,067  | 0,033  | 0,033  | 0,017  |
| $U_{icp} \cdot P_i^*$             | 24,056 | 3,828     | 4,082  | 4,033  | 4,597  | 2,843  | 1,66   | 1,92   | 1,123  |
| $U_{icp} - \bar{U}$               |        | -         | -5,243 | 2,632  | 10,507 | 18,382 | 26,257 | 34,132 | 42,007 |
| $(U_{icp} - \bar{U})^2$           |        | 172,08    | 27,489 | 6,927  | 110,39 | 337,89 | 689,43 | 1165   | 1765   |
| $(U_{icp} - \bar{U})^2 \cdot P_i$ | 173,00 | 60,229    | 5,965  | 1,039  | 14,683 | 22,639 | 22,751 | 38,445 | 30,005 |

В результате получим для значений цветности Партизанского водохранилища:

- среднее значение цветности за время измерений  $\bar{U} = \sum_{i=1}^f U_{icp} \cdot P_i^* = 24,056^\circ \text{ПКШ}$  ;

- дисперсия значений цветности  $\sigma_U^2 = \sum_{i=1}^f (U_{icp} - \bar{U})^2 \cdot P_i^* = 173,005 (\text{°ПКШ})^2$  ;

- средне квадратичное отклонение значений цветности  $\sigma_U = \sqrt{\sigma_U^2} = \sqrt{173,005} = 13,153^\circ \text{ПКШ}$  .

Определим оценку параметра предполагаемого показательного распределения:

$$\lambda^* = \frac{1}{24,056} = 0,042 .$$

Дифференциальная функция предполагаемого показательного распределения имеет вид:

$$f(U) = 0,042 \cdot e^{-0,042 \cdot U} .$$

Найдем вероятности попадания  $U$  в каждый из интервалов по формуле:

$$P_1 = P(7 < U < 14,875) = e^{-0,042 \cdot 7} - e^{-0,042 \cdot 14,875} = 0,748 - 0,539 = 0,209 ;$$

$$P_2 = P(14,875 < U < 22,75) = e^{-0,042 \cdot 14,875} - e^{-0,042 \cdot 22,75} = 0,539 - 0,388 = 0,151 ;$$

$$P_3 = P(22,75 < U < 30,625) = e^{-0,042 \cdot 22,75} - e^{-0,042 \cdot 30,625} = 0,388 - 0,28 = 0,108 ;$$

$$P_4 = P(30,625 < U < 38,5) = e^{-0,042 \cdot 30,625} - e^{-0,042 \cdot 38,5} = 0,28 - 0,202 = 0,078 ;$$

$$P_5 = P(38,5 < U < 46,375) = e^{-0,042 \cdot 38,5} - e^{-0,042 \cdot 46,375} = 0,202 - 0,145 = 0,057 ;$$

$$P_6 = P(46,375 < U < 54,25) = e^{-0,042 \cdot 46,375} - e^{-0,042 \cdot 54,25} = 0,145 - 0,105 = 0,04 ;$$

$$P_7 = P(54,25 < U < 62,125) = e^{-0,042 \cdot 54,25} - e^{-0,042 \cdot 62,125} = 0,105 - 0,076 = 0,029;$$

$$P_8 = P(62,125 < U < 70) = e^{-0,042 \cdot 62,125} - e^{-0,042 \cdot 70} = 0,076 - 0,054 = 0,022.$$

Таблица А.6.3 - Выравнивание результатов измерений по показательному закону распределения

| Параметр  | Интервалы |        |        |        |        |        |        |        |
|-----------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|           | 1         | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
| $U_{icp}$ | 10,938    | 18,813 | 26,688 | 34,563 | 42,438 | 50,313 | 58,188 | 66,063 |
| $n_i$     | 21        | 13     | 9      | 8      | 4      | 2      | 2      | 1      |
| $P_i^*$   | 0,35      | 0,217  | 0,15   | 0,133  | 0,067  | 0,033  | 0,033  | 0,017  |
| $P_i$     | 0,209     | 0,151  | 0,108  | 0,078  | 0,057  | 0,04   | 0,029  | 0,022  |
| $n'_i$    | 12,54     | 9,06   | 6,48   | 4,68   | 3,42   | 2,4    | 1,74   | 1,32   |

Результаты сравнение эмпирических и теоретических частот с помощью критерия Пирсона сведены в таблицу А.6.4.

Таблица А.6.4 - Расчет критерия согласия Пирсона  $\chi^2$ 

| Параметр                      | Интервалы |        |        |        |        |        |        |        |
|-------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                               | 1         | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
| $U_{icp}$                     | 10,938    | 18,813 | 26,688 | 34,563 | 42,438 | 50,313 | 58,188 | 66,063 |
| $n_i$                         | 21        | 13     | 9      | 8      | 4      | 2      | 2      | 1      |
| $n'_i$                        | 12,54     | 9,06   | 6,48   | 4,68   | 3,42   | 2,4    | 1,74   | 1,32   |
| $n_i - n'_i$                  | 8,46      | 3,94   | 2,52   | 3,32   | 0,58   | -0,4   | 0,26   | -0,32  |
| $(n_i - n'_i)^2$              | 71,572    | 15,524 | 6,35   | 11,022 | 0,336  | 0,16   | 0,068  | 0,102  |
| $\frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$ | 5,707     | 1,713  | 0,98   | 2,355  | 0,098  | 0,067  | 0,039  | 0,078  |

Из таблицы А.6.4 находим критерий Пирсона  $\chi^2 = \sum_{i=1}^f \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i} = 10,824$ . По таблице

критических точек распределения  $\chi^2$  по уровню значимости  $\alpha=0,05$  и числу степеней свободы  $k=8-2=6$  находим критическую точку правосторонней критической области

$$\chi^2(0,05;6) = 12,6.$$

Так как  $\chi^2_{набл} < \chi^2_{кр}$  - нет оснований отвергнуть гипотезу о распределении значений цветности по показательному закону распределения. Данные наблюдения согласуются с этой теорией.

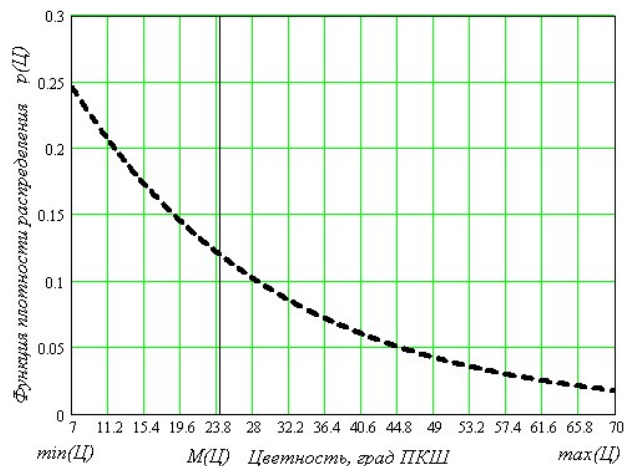


Рисунок А.6.2 – Зависимость теоретической частоты значений цветности Партизанского водохранилища

**ПРИЛОЖЕНИЕ А.7. РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗНАЧЕНИЙ  
ПЕРМАНГАНАТНОЙ ОКИСЛЯЕМОСТИ ДЛЯ ПАРТИЗАНСКОГО  
ВОДОХРАНИЛИЩА**

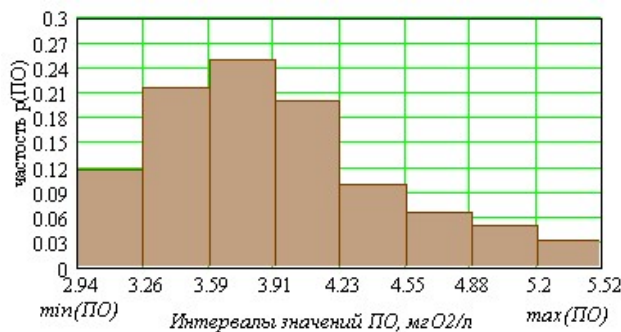
$ПО_{max}=5,52$  мгО<sub>2</sub>/л  $ПО_{min}=2,94$  мгО<sub>2</sub>/л, размах выборки по ПО -  $W_{ПО}=5,52-2,94=2,58$  мгО<sub>2</sub>/л, ширина диапазона:

$$dПО = \frac{2,58}{8} = 0,322 \text{ мгО}_2 / \text{л}.$$

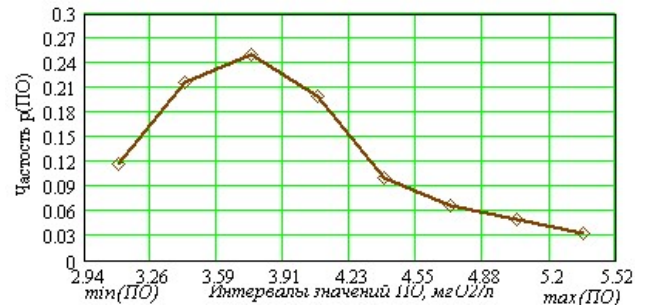
Таблица А.7.1 - Результаты статистической обработки значений ПО Партизанского водохранилища

| Интервал | Границы интервалов |             | Середина интервала, $ПО_{icp}$ | Частота, $n_i$ | Частость, $P_i^*$ |
|----------|--------------------|-------------|--------------------------------|----------------|-------------------|
|          | $ПО_{imin}$        | $ПО_{imax}$ |                                |                |                   |
| 1        | 2,94               | 3,262       | 3,101                          | 7              | 0,117             |
| 2        | 3,262              | 3,584       | 3,424                          | 13             | 0,217             |
| 3        | 3,584              | 3,906       | 3,746                          | 15             | 0,25              |
| 4        | 3,906              | 4,228       | 4,069                          | 12             | 0,2               |
| 5        | 4,228              | 4,55        | 4,391                          | 6              | 0,1               |
| 6        | 4,55               | 4,872       | 4,714                          | 4              | 0,067             |
| 7        | 4,872              | 5,194       | 5,036                          | 3              | 0,05              |
| 8        | 5,194              | 5,516       | 5,359                          | 2              | 0,033             |
|          |                    |             | <b>ИТОГО</b>                   | 60             | 1,0               |

На рисунке А.7.1 представлены гистограмма и полигон распределения значений перманганатной окисляемости для Партизанского водохранилища.



**а**



**б**

Рисунок А.7.1 - Гистограмма (а) и полигон (б) значений перманганатной окисляемости

Таблица А.7.2 - Расчет параметров распределения показателя ПО Партизанского водохранилища

| Параметр                                   | Сумма | Интервалы |        |        |                       |       |       |       |       |
|--|-------|-----------|--------|--------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
|  |       | 1         | 2      | 3      | 4                     | 5     | 6     | 7     | 8     |
| $ПО_{icp}$                                 |       | 3,101     | 3,424  | 3,746  | 4,069                 | 4,391 | 4,714 | 5,036 | 5,359 |
| $P_i^*$                                    |       | 0,117     | 0,217  | 0,25   | 0,2                   | 0,1   | 0,067 | 0,05  | 0,033 |
| $ПО_{icp} \cdot P_i^*$                     | 4,041 | 0,363     | 0,743  | 0,937  | 0,814                 | 0,439 | 0,316 | 0,252 | 0,177 |
| $ПО_{icp} - \overline{ПО}$                 |       | -0,94     | -0,617 | -0,295 | 0,028                 | 0,35  | 0,673 | 0,995 | 1,318 |
| $(ПО_{icp} - \overline{ПО})^2$             |       | 0,884     | 0,381  | 0,087  | $7,84 \cdot 10^{-4}$  | 0,122 | 0,453 | 0,99  | 1,737 |
| $(ПО_{icp} - \overline{ПО})^2 \cdot P_i^*$ | 0,35  | 0,103     | 0,083  | 0,022  | $1,568 \cdot 10^{-4}$ | 0,012 | 0,03  | 0,05  | 0,057 |

В результате для значений ПО.

$$\text{- среднее значение за время измерений } \overline{ПО} = \sum_{i=1}^f ПО_{icp} \cdot P_i^* = 4,041 \text{ мг} O_2 / \text{л};$$

$$\text{- дисперсия значений } ПО \sigma_{ПО}^2 = \sum_{i=1}^f (ПО_{icp} - \overline{ПО})^2 \cdot P_i^* = 0,35 (\text{мг} O_2 / \text{л})^2;$$

$$\text{- средне квадратичное отклонение } ПО \sigma_{ПО} = \sqrt{\sigma_{ПО}^2} = \sqrt{0,35} = 0,592 \text{ мг} O_2 / \text{л}.$$

Определение параметра  $Z$  :

$$\text{- для максимального значения } ПО Z' = \frac{|5,52 - 4,041|}{0,592} = 2,498 \leq M ;$$

$$\text{- для минимального значения } ПО Z'' = \frac{|2,94 - 4,041|}{0,592} = 1,86 \leq M .$$

При числе измерений  $N=60$  предельное значение критерия Шовене  $[Z]=2,78$ .

Следовательно, промахи измерений значений ПО в рассмотренной выборке отсутствуют. В случае наличия промаха его устраняют и статистический ряд пересчитывают.

Коэффициент вариации для рассмотренной выборки значений ПО:

$$v = \frac{0,592}{4,041} = 0,146 .$$

Следовательно, распределение значений ПО для Партизанского водохранилища за период наблюдения может быть подчинено закону нормального распределения так и закону Вейбулла-Гнеденко.

Для полученных статистических характеристик результатов измерения значений ПО дифференциальная функция распределения имеет вид:

$$f(ПО) = \frac{0,322}{0,592 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(ПО-4,041)^2}{2 \cdot 0,35}} = 0,087 \cdot e^{-1,43(ПО-4,041)^2} .$$

Результаты выравнивания измерений значений ПО в соответствии с нормальным законом распределения представлены в таблице А.7.3.

$$t_{ПОi} = \frac{ПО_{icp} - 4,041}{0,592} .$$

Таблица А.7.3 - Выравнивания результатов измерений значений ПО Партизанского водохранилища по нормальному закону

| Параметр   | Интервалы |        |        |        |        |        |        |        |
|--|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|  | 1         | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
| $ПО_{icp}$   | 3,101     | 3,424  | 3,746  | 4,069  | 4,391  | 4,714  | 5,036  | 5,359  |
| $n_i$  | 7         | 13     | 15     | 12     | 6      | 4      | 3      | 2      |
| $P_i^*$  | 0,117     | 0,217  | 0,25   | 0,2    | 0,1    | 0,067  | 0,05   | 0,033  |
| $(ПО_{icp} - \overline{ПО})$                             | -0,94     | -0,617 | -0,295 | 0,028  | 0,35   | 0,673  | 0,995  | 1,318  |
| $t_{ПОi} = \frac{ПО_{icp} - \overline{ПО}}{\sigma_{ПО}}$ | -1,588    | -1,042 | -0,498 | 0,047  | 0,591  | 1,137  | 1,681  | 2,226  |
| $f(t_{ПОi})$   | 0,1145    | 0,2323 | 0,3521 | 0,3984 | 0,3332 | 0,2083 | 0,0973 | 0,0332 |
| $P_i$  | 0,062     | 0,126  | 0,192  | 0,217  | 0,181  | 0,113  | 0,053  | 0,018  |
| $n_i^*$  | 3,737     | 7,582  | 11,493 | 13,004 | 10,876 | 6,799  | 3,176  | 1,084  |

Частость для теоретического закона результатов измерений  $P_i = \left( \frac{dПО_1}{\sigma_{ПО}} \right) \cdot f(t_{ПО_i})$ , где  $dПО = 0,322 \text{ мгО}_2/\text{л}$ ,  $\sigma_{ПО} = 0,592 \text{ мгО}_2/\text{л}$ , следовательно  $dПО/\sigma_{ПО} = 0,544$ .

Результаты выравнивания результатов измерений значений ПО по нормальному закону представляем графически на рисунке А.7.2 в виде зависимостей частот эмпирической  $n=f(ПО)$  и теоретической  $n^*=f(ПО)$ .

После выравнивания результатов измерений определяют их соответствие выбранному теоретическому закону распределения. Проверяемая гипотеза, состоит в том, что результаты измерений соответствуют выбранному закону распределения.

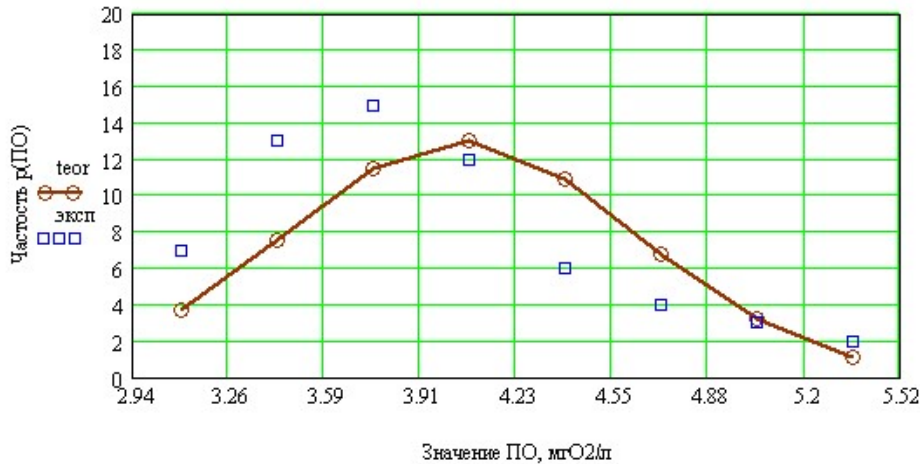


Рисунок А.7.2 - Выравнивание результатов измерений значений ПО нормальному закону распределения

Результаты расчета критерия согласия Пирсона  $\chi^2$ , представлены таблице А.7.4.

Таблица А.7.4 - Расчет критерия согласия Пирсона  $\chi^2$

| Параметр                        | Интервалы |        |        |        |        |       |       |       |
|---------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
|                                 | 1         | 2      | 3      | 4      | 5      | 6     | 7     | 8     |
| $ПО_{icp}$                      | 3,101     | 3,424  | 3,746  | 4,069  | 4,391  | 4,714 | 5,036 | 5,359 |
| $n_i$                           | 7         | 13     | 15     | 12     | 6      | 4     | 3     | 2     |
| $n_i^*$                         | 3,737     | 7,582  | 11,493 | 13,004 | 10,876 | 6,799 | 3,176 | 1,084 |
| $n_i - n_i^*$                   | 5,985     | 5,418  | -3,507 | 1,124  | -0,799 | 0,824 | -0,4  | 0,916 |
| $(n_i - n_i^*)^2$               | 35,82     | 29,355 | 12,299 | 1,263  | 0,638  | 0,679 | 0,16  | 0,839 |
| $\frac{(n_i - n_i^*)^2}{n_i^*}$ | 2,849     | 3,872  | 1,07   | 0,116  | 0,094  | 0,214 | 0,047 | 0,774 |

Критерий Пирсона  $\chi^2 = \sum_{i=1}^f \frac{(n_i - n_i^*)^2}{n_i^*} = 9,036$ , поэтому выполняется условие:

$$0,55 < \chi^2 < 20,52 .$$

Следовательно, гипотеза о том, что измеренные величины значений перманганатной окисляемости описываются нормальным законом распределения с параметрами среднее значение  $\overline{ПО} = 4,041 \text{ мгО}_2/\text{л}$  и дисперсия  $\sigma = 0,592 \text{ мгО}_2/\text{л}$  верная.

Зависимость теоретической частости значений ПО  $p(ПО_{2i})=f(ПО_i)$  представляется формулой, а график этой зависимости в диапазоне  $ПО_{max} \leq ПО \leq ПО_{min}$  представлен на рисунке А.7.3.

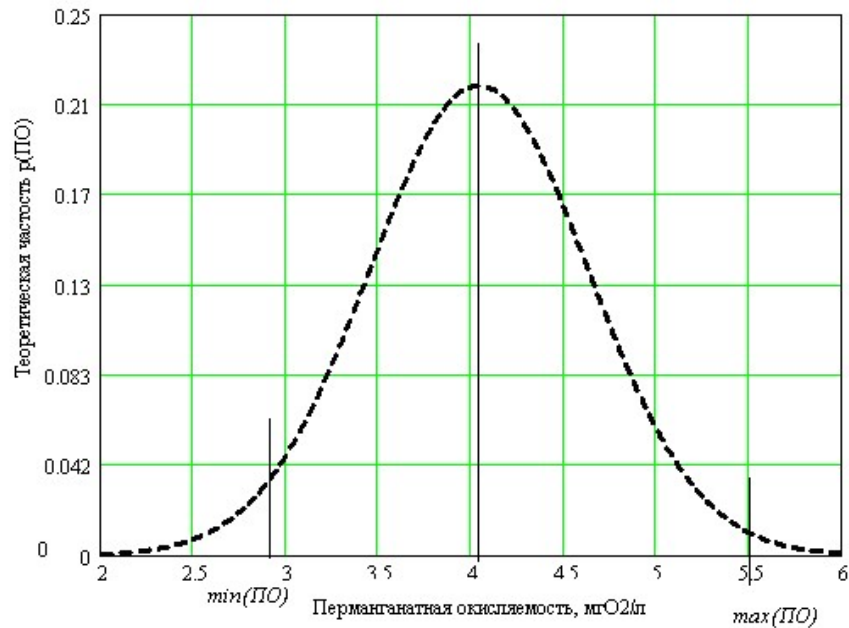


Рисунок А.7.3 - Зависимость теоретической частоты значений ПО

**ПРИЛОЖЕНИЕ А.8. РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗНАЧЕНИЙ ПЕРМАНГАТНОЙ ОКИСЛЯЕМОСТИ ДЛЯ МЕЖГОРНОГО ВОДОХРАНИЛИЩА**

$ПО_{max}=7,6 \text{ мгО}_2/\text{л}$   $ПО_{min}=5,8 \text{ мгО}_2/\text{л}$ , размах выборки по ПО -  $W_{ПО}=7,6-5,8=1,8 \text{ мгО}_2/\text{л}$ , ширина диапазона:

$$dПО = \frac{1,8}{6} = 0,3 \text{ мгО}_2 / \text{л} .$$

Таблица А.8.1- Таблица предварительной обработки результатов значений ПО

| Интервал | Границы интервалов |             | Середина интервала,<br>$ПО_{иср}$ | Частота, $n_i$ | Частость<br>$P_i^*$ |
|----------|--------------------|-------------|-----------------------------------|----------------|---------------------|
|          | $ПО_{imin}$        | $ПО_{imax}$ |                                   |                |                     |
| 1        | 5,8                | 6,1         | 5,95                              | 5              | 0,052               |
| 2        | 6,1                | 6,4         | 6,25                              | 19             | 0,198               |
| 3        | 6,4                | 6,7         | 6,55                              | 26             | 0,271               |
| 4        | 6,7                | 7           | 6,85                              | 31             | 0,323               |
| 5        | 7                  | 7,3         | 7,15                              | 13             | 0,135               |
| 6        | 7,3                | 7,6         | 7,45                              | 2              | 0,021               |
|          |                    |             | <b>ИТОГО</b>                      | 96             | 1,0                 |

На рисунке А.8.1 представлены гистограмма и полигон распределения значений перманганатной окисляемости для Межгорного водохранилища.



а

б

Рисунок А.8.1 - Гистограмма (а) и полигон (б) значений перманганатной окисляемости

Таблица А.8.2 - Расчет параметров распределения показателя перманганатная окисляемость  
Межгорного водохранилища

| Параметр                                   | Сумма | Интервалы |        |                       |       |       |       |
|--|-------|-----------|--------|-----------------------|-------|-------|-------|
|  |       | 1         | 2      | 3                     | 4     | 5     | 6     |
| $ПО_{icp}$                                 |       | 5,95      | 6,25   | 6,55                  | 6,85  | 7,15  | 7,45  |
| $P_i^*$                                    |       | 0,052     | 0,198  | 0,271                 | 0,323 | 0,135 | 0,021 |
| $ПО_{icp} \cdot P_i^*$                     | 6,656 | 0,309     | 1,238  | 1,775                 | 2,213 | 0,965 | 0,156 |
| $ПО_{icp} - \overline{ПО}$                 |       | -0,706    | -0,406 | -0,106                | 0,194 | 0,494 | 0,794 |
| $(ПО_{icp} - \overline{ПО})^2$             |       | 0,498     | 0,165  | 0,011                 | 0,038 | 0,244 | 0,63  |
| $(ПО_{icp} - \overline{ПО})^2 \cdot P_i^*$ | 0,12  | 0,026     | 0,033  | $2,981 \cdot 10^{-3}$ | 0,012 | 0,033 | 0,013 |

В результате получим для значений ПО:

- среднее значение за время измерений  $\overline{ПО} = \sum_{i=1}^f ПО_{icp} \cdot P_i^* = 6,656 \text{ мг}O_2 / \text{л}$ ;

- дисперсия значений ПО  $\sigma_{ПО}^2 = \sum_{i=1}^f (ПО_{icp} - \overline{ПО})^2 \cdot P_i^* = 0,12 (\text{мг}O_2 / \text{л})^2$ ;

- средне квадратичное отклонение значений ПО  $\sigma_{ПО} = \sqrt{\sigma_{ПО}^2} = \sqrt{0,12} = 0,346 \text{ мг}O_2 / \text{л}$ .

Определим параметр  $Z$  :

- для максимального значения ПО  $Z' = \frac{|7,6 - 6,656|}{0,346} = 2,73 \leq M$  ;

- для минимального значения ПО  $Z'' = \frac{|5,8 - 6,656|}{0,346} = 2,47 \leq M$  .

При числе измерений  $N=96$  предельное значение критерия Шовене  $[Z] = 2,78$  .

Следовательно, промахи измерений значений перманганатной окисляемости в рассмотренной выборке отсутствуют. В случае наличия промаха его устраняют и статистический ряд пересчитывают.

Коэффициент вариации для рассмотренной выборки значений перманганатной окисляемости:

$$v = \frac{0,346}{6,656} = 0,052 .$$

Следовательно, распределение значений ПО в период измерений подчинено закону нормального распределения.

Дифференциальная функция распределения значений ПО:

$$f(ПО) = \frac{0,3}{0,346 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(ПО-6,656)^2}{2 \cdot 0,12}} = 0,346 \cdot e^{-0,4167(ПО-6,656)^2} .$$

Результаты выравнивания значений ПО нормальному закону распределения представлены в таблице А.8.3.

$$t_{Qi} = \frac{ПО_{icp} - 6,656}{0,346} .$$



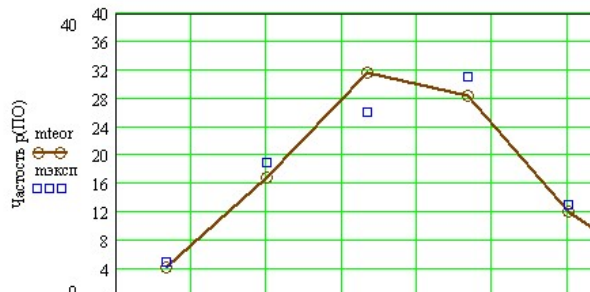
Таблица А.8.3 - Выравнивания результатов измерений значений  $ПО$  по нормальному закону распределения

| Параметр   | Интервалы |        |        |        |        |        |
|--|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
|  | 1         | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |
| $ПО_{icp}$   | 5,95      | 6,25   | 6,55   | 6,85   | 7,15   | 7,45   |
| $n_i$  | 5         | 19     | 26     | 31     | 13     | 2      |
| $P_i^*$  | 0,052     | 0,198  | 0,271  | 0,323  | 0,135  | 0,021  |
| $(ПО_{icp} - \overline{ПО})$   | -0,706    | -0,406 | -0,106 | 0,194  | 0,494  | 0,794  |
| $t_{\text{по}i} = \frac{ПО_{icp} - \overline{ПО}}{\sigma_{\text{по}}}$ | -2,04     | -1,173 | -0,306 | 0,561  | 1,428  | 2,295  |
| $f(t_{Qi})$  | 0,0498    | 0,2012 | 0,3802 | 0,3410 | 0,1435 | 0,0283 |
| $P_i$  | 0,043     | 0,174  | 0,33   | 0,296  | 0,124  | 0,025  |
| $n_i^*$  | 4,145     | 16,746 | 31,645 | 28,382 | 11,944 | 2,355  |

Частость для теоретического закона результатов измерений  $P_i = \left( \frac{dПО_1}{\sigma_{\text{по}}} \right) \cdot f(t_{\text{по}i})$ , где  $dПО = 0,3 \text{ мгО}_2/\text{л}$ ,  $\sigma_{\text{по}} = 0,346 \text{ мгО}_2/\text{л}$ , следовательно  $dПО/\sigma_{\text{по}} = 0,867$ .

Результаты выравнивания результатов измерений значений  $ПО$  по нормальному закону представлены графически на рисунке А.16 в виде зависимостей частот эмпирической  $n=f(ПО)$  и теоретической  $n^*=f(ПО)$ .

После выравнивания результатов измерений определяют их соответствие выбранному теоретическому закону распределения. Гипотеза, которая проверяется, состоит в том, что результаты измерений соответствуют выбранному закону распределения. Для обоснования выбора определенного теоретического закона применяют критерии согласия.

Рисунок А.8.2 - Выравнивание результатов измерений значений  $ПО$  нормальному закону распределения

Расчет критерия согласия Пирсона  $\chi^2$  представлен в таблице А.8.4.

Таблица А.8.4 - Расчет критерия согласия Пирсона  $\chi^2$ 

| Параметр                        | Интервалы |        |        |        |        |        |
|---------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                                 | 1         | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      |
| $ПО_{icp}$                      | 5,95      | 6,25   | 6,55   | 6,85   | 7,15   | 7,45   |
| $n_i$                           | 5         | 19     | 26     | 31     | 13     | 2      |
| $n_i^*$                         | 4,145     | 16,746 | 31,645 | 28,382 | 11,944 | 2,355  |
| $n_i - n_i^*$                   | -0,855    | 2,254  | -5,645 | 2,618  | 1,056  | -0,355 |
| $(n_i - n_i^*)^2$               | 0,731     | 5,081  | 31,866 | 6,854  | 1,115  | 0,126  |
| $\frac{(n_i - n_i^*)^2}{n_i^*}$ | 0,176     | 0,303  | 1,007  | 0,241  | 0,093  | 0,054  |

Критерий Пирсона  $\chi^2 = \sum_{i=1}^f \frac{(n_i - n_i^*)^2}{n_i^*} = 1,874$ , поэтому выполняется условие:

$$0,55 < \chi^2 < 20,52.$$

Следовательно, гипотеза о том, что измеренные величины значений перманганатной окисляемости описываются нормальным законом распределения с параметрами среднее значение  $\overline{ПО} = 6,656 \text{ мг О}_2/\text{л}$  и дисперсия  $\sigma = 0,346 \text{ мг О}_2/\text{л}$  верная.

Зависимость теоретической частоты значений  $ПО$   $p(ПО_{2i}) = f(ПО_i)$  представляется формулой, а график зависимости в диапазоне  $ПО_{max} \leq ПО \leq ПО_{min}$  представлен на рисунке А.8.3.

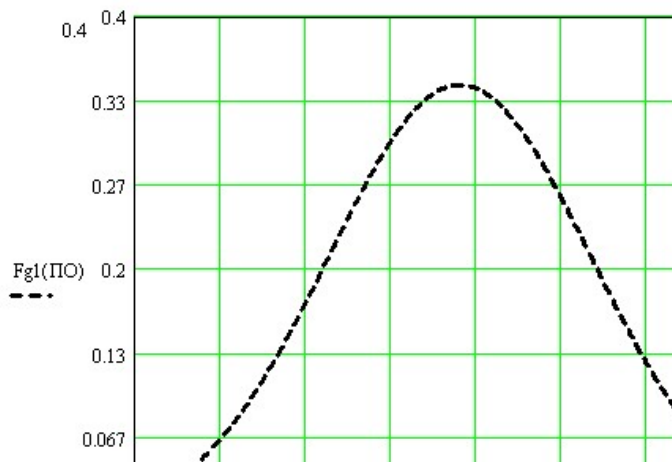


Рисунок А.8.3 - Зависимость теоретической частоты значений  $ПО$

### ПРИЛОЖЕНИЕ А.9 – РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗНАЧЕНИЙ МУТНОСТИ ДЛЯ АЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Таблица А.9.1 – Результаты обработки измерений значений мутности Аянского водохранилища

| Интервал | Границы    |            | Середина интервала, $C_{icp}$ | Частота $n_i$ | Частость $P_i^*$ |
|----------|------------|------------|-------------------------------|---------------|------------------|
|          | $C_{imin}$ | $C_{imax}$ |                               |               |                  |
| 1        | 0,25       | 1,406      | 0,828                         | 31            | 0,323            |
| 2        | 1,406      | 2,562      | 1,984                         | 35            | 0,365            |
| 3        | 2,562      | 3,718      | 3,141                         | 11            | 0,115            |
| 4        | 3,718      | 4,874      | 4,297                         | 8             | 0,083            |
| 5        | 4,874      | 6,03       | 5,453                         | 5             | 0,052            |
| 6        | 6,03       | 7,186      | 6,609                         | 2             | 0,021            |
| 7        | 7,186      | 8,342      | 7,766                         | 2             | 0,021            |
| 8        | 8,342      | 9,5        | 8,922                         | 2             | 0,021            |
|          |            |            | <b>ИТОГО</b>                  | 60            | 1,0              |

На рисунке А.9.1 представлены гистограмма и полигон распределения мутности Аянского водохранилища

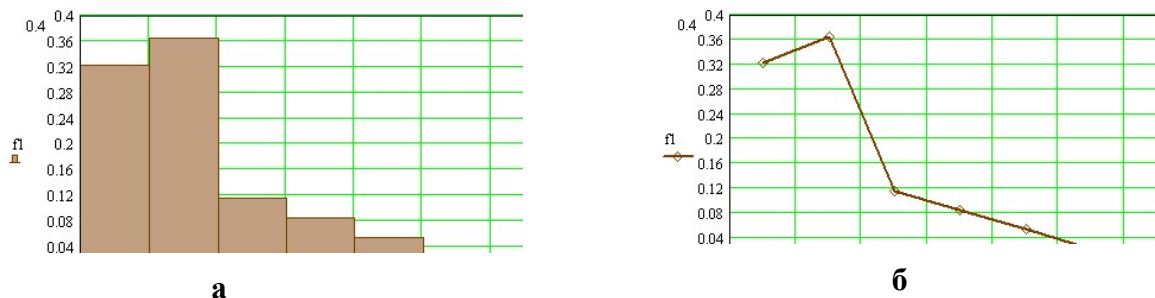


Рисунок А.9.1 - Гистограмма (а) и полигон (б) распределения значений мутности для Аянского водохранилища

Таблица А.9.2 - Расчет параметров распределения мутности Аянского водохранилища

| Параметр                          | Сумма | Интервалы |        |       |       |       |        |        |        |
|-----------------------------------|-------|-----------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|                                   |       | 1         | 2      | 3     | 4     | 5     | 6      | 7      | 8      |
| $C_{icp}$                         |       | 0,828     | 1,984  | 3,141 | 4,297 | 5,453 | 6,6009 | 7,766  | 8,922  |
| $P_i^*$                           |       | 0,323     | 0,365  | 0,115 | 0,083 | 0,052 | 0,021  | 0,021  | 0,021  |
| $C_{icp} \cdot P_i^*$             | 2,482 | 0,267     | 0,724  | 0,361 | 0,357 | 0,284 | 0,139  | 0,163  | 0,187  |
| $C_{icp} - \bar{C}$               |       | -1,654    | -0,498 | 0,659 | 1,815 | 2,971 | 4,127  | 5,284  | 6,44   |
| $(C_{icp} - \bar{C})^2$           |       | 2,736     | 0,248  | 0,434 | 3,294 | 8,827 | 17,032 | 27,921 | 41,474 |
| $(C_{icp} - \bar{C})^2 \cdot P_i$ | 3,572 | 0,884     | 0,091  | 0,05  | 0,273 | 0,459 | 0,358  | 0,586  | 0,871  |

Для значений мутности Аянского водохранилища:

- средняя мутность за время измерений  $\bar{C} = \sum_{i=1}^f C_{icp} \cdot P_i^* = 2,482 \text{ мг/л}$ ;

- дисперсия мутности  $\sigma_C^2 = \sum_{i=1}^f (C_{icp} - \bar{C})^2 \cdot P_i^* = 3,572 (\text{мг/л})^2$ ;

- средне квадратичное отклонение мутности  $\sigma_Q = \sqrt{\sigma_Q^2} = \sqrt{3,572} = 1,89 \text{ мг/л}$ .

Параметр предполагаемого показательного распределения:

$$\lambda^* = \frac{1}{2,482} = 0,43.$$

Дифференциальная функция предполагаемого показательного распределения имеет вид:

$$f(C) = 0,43 \cdot e^{-0,43C}.$$

Найдем вероятности попадания  $C$  в каждый из интервалов по формуле:

$$P_1 = P(0,25 < C < 1,406) = e^{-0,43 \cdot 0,25} - e^{-0,43 \cdot 1,406} = 0,904 - 0,568 = 0,336;$$

$$P_2 = P(1,406 < C < 2,562) = e^{-0,43 \cdot 1,406} - e^{-0,43 \cdot 2,562} = 0,568 - 0,356 = 0,212;$$

$$P_3 = P(2,562 < C < 3,718) = e^{-0,43 \cdot 2,562} - e^{-0,43 \cdot 3,718} = 0,356 - 0,224 = 0,132;$$

$$P_4 = P(3,718 < C < 4,874) = e^{-0,43 \cdot 3,718} - e^{-0,43 \cdot 4,874} = 0,224 - 0,14 = 0,084;$$

$$P_5 = P(4,874 < C < 6,03) = e^{-0,43 \cdot 4,874} - e^{-0,43 \cdot 6,03} = 0,14 - 0,088 = 0,052;$$

$$P_6 = P(6,03 < C < 7,186) = e^{-0,43 \cdot 6,03} - e^{-0,43 \cdot 7,186} = 0,088 - 0,055 = 0,033;$$

$$P_7 = P(7,186 < C < 8,342) = e^{-0,43 \cdot 7,186} - e^{-0,43 \cdot 8,342} = 0,055 - 0,035 = 0,02;$$

$$P_8 = P(8,342 < C < 9,5) = e^{-0,43 \cdot 8,342} - e^{-0,43 \cdot 9,5} = 0,035 - 0,022 = 0,013.$$

Таблица А.9.3 - Результаты выравнивания по показательному закону распределения

| Параметр  | Интервалы |        |        |       |       |        |       |       |
|-----------|-----------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
|           | 1         | 2      | 3      | 4     | 5     | 6      | 7     | 8     |
| $C_{icp}$ | 0,828     | 1,984  | 3,141  | 4,297 | 5,453 | 6,6009 | 7,766 | 8,922 |
| $n_i$     | 31        | 35     | 11     | 8     | 5     | 2      | 2     | 2     |
| $P_i^*$   | 0,323     | 0,365  | 0,115  | 0,083 | 0,052 | 0,021  | 0,021 | 0,021 |
| $P_i$     | 0,336     | 0,212  | 0,132  | 0,084 | 0,052 | 0,033  | 0,02  | 0,013 |
| $n'_i$    | 32,256    | 20,352 | 12,672 | 8,064 | 4,992 | 3,168  | 1,92  | 1,248 |

Результаты сравнения эмпирических и теоретических частот при помощи критерия Пирсона представлены в таблице А.9.4.

Таблица А.9.4 - Расчет критерия согласия Пирсона  $\chi^2$ 

| Параметр                      | Интервалы |         |        |                       |                       |        |                       |        |
|-------------------------------|-----------|---------|--------|-----------------------|-----------------------|--------|-----------------------|--------|
|                               | 1         | 2       | 3      | 4                     | 5                     | 6      | 7                     | 8      |
| $C_{icp}$                     | 0,828     | 1,984   | 3,141  | 4,297                 | 5,453                 | 6,6009 | 7,766                 | 8,922  |
| $n_i$                         | 31        | 35      | 11     | 8                     | 5                     | 2      | 2                     | 2      |
| $n'_i$                        | 32,256    | 20,352  | 12,672 | 8,064                 | 4,992                 | 3,168  | 1,92                  | 1,248  |
| $n_i - n'_i$                  | -1,256    | 14,648  | -1,672 | 0,064                 | $-8 \cdot 10^{-3}$    | 1,168  | -0,08                 | -0,752 |
| $(n_i - n'_i)^2$              | 1,578     | 214,564 | 2,796  | $4,096 \cdot 10^{-3}$ | $6,4 \cdot 10^{-5}$   | 1,364  | $6,4 \cdot 10^{-3}$   | 0,566  |
| $\frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i}$ | 0,049     | 10,543  | 0,221  | $5,079 \cdot 10^{-4}$ | $1,282 \cdot 10^{-5}$ | 0,431  | $5,079 \cdot 10^{-3}$ | 0,453  |

Из таблицы критерий Пирсона  $\chi^2 = \sum_{i=1}^f \frac{(n_i - n'_i)^2}{n'_i} = 11,701$ . По таблице критических точек распределения  $\chi^2$  по уровню значимости  $\alpha=0,05$  и числу степеней свободы  $k=8-2=6$  находим критическую точку правосторонней критической области  $\chi^2(0,05;6)=12,6$ .

Так как  $\chi^2_{набл} < \chi^2_{кр}$  - нет оснований отвергать гипотезу о распределении  $C$  по показательному закону распределения. Данные наблюдения согласуются с этой теорией.

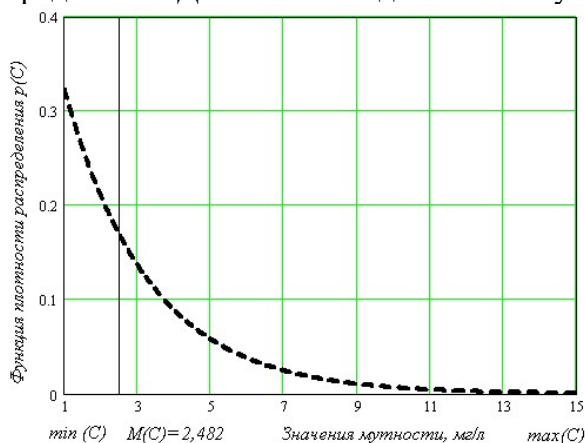


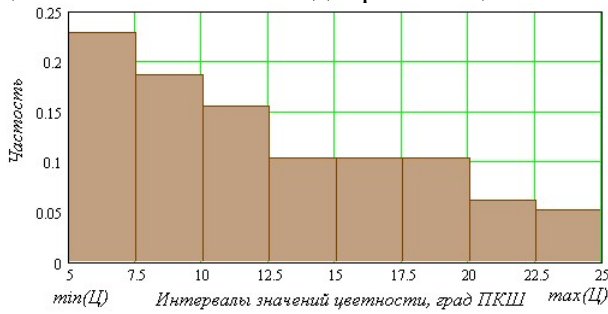
Рисунок А.9.2 - Зависимость теоретической частоты значений мутности для Аянского водохранилища

### ПРИЛОЖЕНИЕ А.10. РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗНАЧЕНИЙ ЦВЕТНОСТИ ДЛЯ АЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

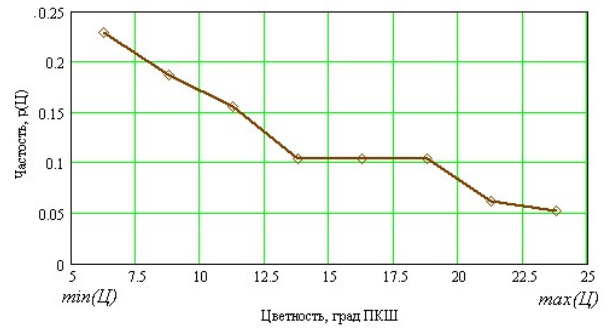
Таблица А.10.1 - Таблица предварительной обработки результатов измерений цветности Аянского водохранилища

| Интервал | Границы интервалов |            | Середина интервала, $C_{icp}$ | Частота $n_i$ | Частость $P_i^*$ |
|----------|--------------------|------------|-------------------------------|---------------|------------------|
|          | $C_{imin}$         | $C_{imax}$ |                               |               |                  |
| 1        | 5                  | 7,5        | 6,25                          | 22            | 0,229            |
| 2        | 7,5                | 10         | 8,75                          | 18            | 0,188            |
| 3        | 10                 | 12,5       | 11,25                         | 15            | 0,156            |
| 4        | 12,5               | 15         | 13,75                         | 10            | 0,104            |
| 5        | 15                 | 17,5       | 16,25                         | 10            | 0,104            |
| 6        | 17,5               | 20         | 18,75                         | 10            | 0,104            |
| 7        | 20                 | 22,5       | 21,25                         | 6             | 0,063            |
| 8        | 22,5               | 25         | 23,75                         | 3             | 0,052            |
|          |                    |            | <b>ИТОГО</b>                  | 96            | 1,0              |

На рисунке А.10.1 представлены гистограмма и полигон распределения значений цветности Аянского водохранилища



а



б

Рисунок А.10.1 – Гистограмма (а) и полигон (б) распределения значений цветности Аянского водохранилища.

Таблица А.10.2 - Расчет параметров распределения значений цветности Аянского водохранилища

| Параметр                          | Сумма  | Интервалы |        |        |       |        |        |        |         |
|-----------------------------------|--------|-----------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|---------|
|                                   |        | 1         | 2      | 3      | 4     | 5      | 6      | 7      | 8       |
| $Ц_{icp}$                         |        | 6,25      | 8,75   | 11,25  | 13,75 | 16,25  | 18,75  | 21,25  | 23,75   |
| $P_i^*$                           |        | 0,229     | 0,188  | 0,156  | 0,104 | 0,104  | 0,104  | 0,063  | 0,052   |
| $Ц_{icp} \cdot P_i^*$             | 12,475 | 1,431     | 1,645  | 1,755  | 1,43  | 1,69   | 1,95   | 1,339  | 1,235   |
| $Ц_{icp} - \bar{Ц}$               |        | -6,225    | -3,725 | -1,275 | 1,275 | 3,775  | 6,275  | 8,775  | 11,275  |
| $(Ц_{icp} - \bar{Ц})^2$           |        | 38,751    | 13,876 | 1,501  | 1,626 | 14,251 | 39,376 | 77,001 | 127,126 |
| $(Ц_{icp} - \bar{Ц})^2 \cdot P_i$ | 28,295 | 8,874     | 2,609  | 0,234  | 0,169 | 1,482  | 4,095  | 4,851  | 6,611   |

Для значений цветности Аянского водохранилища:

- среднее значение цветности за время измерений  $\bar{Ц} = \sum_{i=1}^f Ц_{icp} \cdot P_i^* = 12,475^\circ \text{ПКШ}$  ;

- дисперсия значений цветности  $\sigma_{Ц}^2 = \sum_{i=1}^f (Ц_{icp} - \bar{Ц})^2 \cdot P_i^* = 28,295(\circ \text{ПКШ})^2$  ;

- среднее квадратичное отклонение значений цветности  $\sigma_{Ц} = \sqrt{\sigma_{Ц}^2} = \sqrt{28,295} = 5,378^\circ \text{ПКШ}$  .

Коэффициента вариации:  $\nu = \frac{\sigma_{Ц}}{\bar{Ц}} = \frac{5,378}{12,475} = 0,431^\circ \text{ПКШ}$  , так как коэффициент вариации

находится в диапазоне  $0,3 \leq \nu \leq 0,8$ ; то рассеивание случайной величины может быть подчинено закону Вейбулла-Гнеденко. По табулированным значениям при  $\nu=0,431$  принимаем  $b=2,48$ ;

$C_b=0,382$ , тогда  $a = \frac{\sigma}{C_b} = \frac{5,378}{12,475}$  .

Таким образом, дифференциальная функция предполагаемого показательного распределения имеет вид:

$$f(Ц) = 0,176 \cdot \left( \frac{Ц}{14,079} \right)^{1,48} \cdot \exp \left[ - \left( \frac{Ц}{14,079} \right)^{2,48} \right] .$$

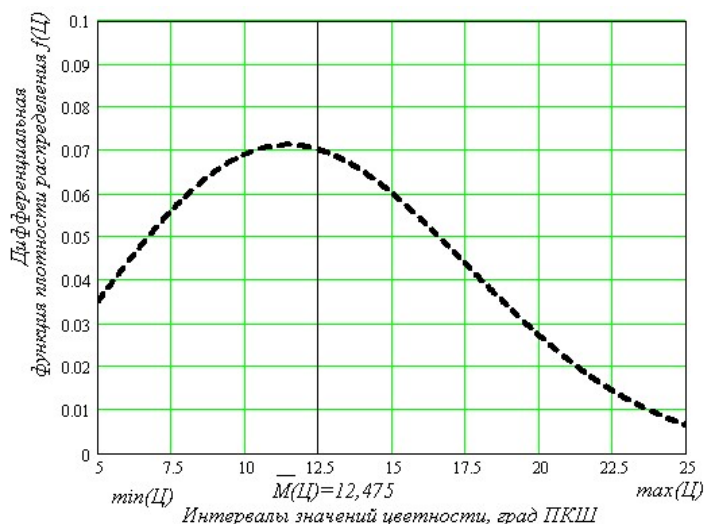


Рисунок А.10.2 - Зависимость теоретической частоты значений цветности Аянского водохранилища

### ПРИЛОЖЕНИЕ А.11. РЕЗУЛЬТАТЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗНАЧЕНИЙ ПЕРМАНГАНАТНОЙ ОКИСЛЯЕМОСТИ ДЛЯ АЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

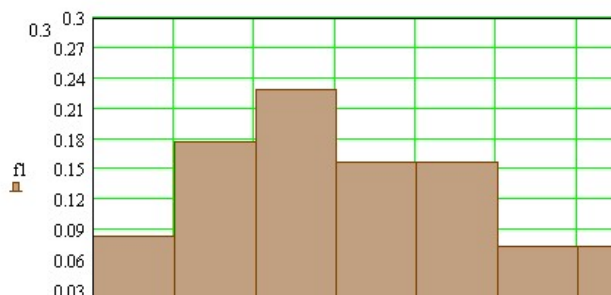
$ПО_{max}=4,8$  мгО<sub>2</sub>/л  $ПО_{min}=0,6$  мгО<sub>2</sub>/л, размах выборки по ПО -  $W_{ПО}=4,8-0,6=4,2$  мгО<sub>2</sub>/л, ширина диапазона:

$$dПО = \frac{4,2}{8} = 0,525 \text{ мгО}_2 / \text{л}.$$

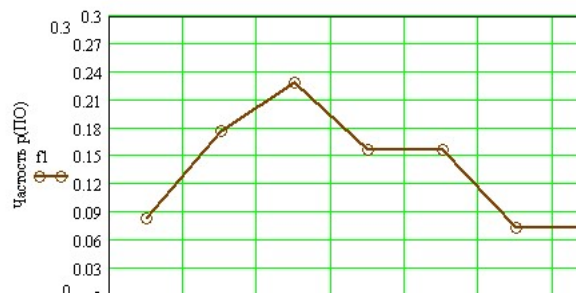
Таблица А.11.1 – Результаты статистической обработки значений ПО

| Интервал | Границы интервалов |             | Середина интервала, $ПО_{icp}$ | Частота, $n_i$ | Частость $P_i^*$ |
|----------|--------------------|-------------|--------------------------------|----------------|------------------|
|          | $ПО_{imin}$        | $ПО_{imax}$ |                                |                |                  |
| 1        | 0,6                | 1,125       | 0,863                          | 8              | 0,083            |
| 2        | 1,125              | 1,65        | 1,387                          | 17             | 0,177            |
| 3        | 1,65               | 2,175       | 1,912                          | 22             | 0,229            |
| 4        | 2,175              | 2,7         | 2,438                          | 15             | 0,156            |
| 5        | 2,7                | 3,225       | 2,963                          | 15             | 0,156            |
| 6        | 3,225              | 3,75        | 3,488                          | 7              | 0,073            |
| 7        | 3,75               | 4,275       | 4,013                          | 7              | 0,073            |
| 8        | 4,275              | 4,8         | 4,538                          | 5              | 0,052            |
|          |                    |             | <b>ИТОГО</b>                   | 96             | 1                |

На рисунке А.11.1 представлены гистограмма и полигон распределения значений перманганатной окисляемости для Аянского водохранилища.



а



б

Рисунок А.11.1 Гистограмма (а) и полигон (б) значений ПО

Таблица А.11.2 - Расчет параметров распределения показателя ПО Аянского водохранилища

| Параметр                                   | Сумма | Интервалы |        |        |                       |       |       |       |       |
|--|-------|-----------|--------|--------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
|  |       | 1         | 2      | 3      | 4                     | 5     | 6     | 7     | 8     |
| $ПО_{icp}$                                 |       | 0,863     | 1,387  | 1,912  | 2,438                 | 2,963 | 3,488 | 4,013 | 4,538 |
| $P_i^*$                                    |       | 0,083     | 0,177  | 0,229  | 0,156                 | 0,156 | 0,073 | 0,073 | 0,052 |
| $ПО_{icp} \cdot P_i^*$                     | 2,381 | 0,072     | 0,245  | 0,438  | 0,38                  | 0,462 | 0,255 | 0,293 | 0,236 |
| $ПО_{icp} - \overline{ПО}$                 |       | -1,518    | -0,994 | -0,469 | 0,057                 | 0,582 | 1,107 | 1,632 | 2,157 |
| $(ПО_{icp} - \overline{ПО})^2$             |       | 2,304     | 0,988  | 0,22   | $3,249 \cdot 10^{-3}$ | 0,339 | 1,225 | 2,663 | 4,653 |
| $(ПО_{icp} - \overline{ПО})^2 \cdot P_i^*$ | 1,018 | 0,156     | 0,128  | 0,024  | $6,396 \cdot 10^{-3}$ | 0,083 | 0,114 | 0,231 | 0,276 |

Для значений  $ПО$ :

- среднее значение за время измерений  $\overline{ПО} = \sum_{i=1}^f ПО_{icp} \cdot P_i^* = 2,381 \text{ мг} O_2 / \text{л}$ ;

- дисперсия значений  $ПО$   $\sigma_{ПО}^2 = \sum_{i=1}^f (ПО_{icp} - \overline{ПО})^2 \cdot P_i^* = 1,018 (\text{мг} O_2 / \text{л})^2$ ;

- средне квадратичное отклонение подачи  $\sigma_{ПО} = \sqrt{\sigma_{ПО}^2} = \sqrt{1,018} = 1,009 \text{ мг} O_2 / \text{л}$ .

Параметр  $Z$ : - для максимального значения  $ПО$   $Z' = \frac{|4,8 - 2,381|}{1,009} = 2,397 \leq M$ ;

- для минимального значения  $ПО$   $Z'' = \frac{|0,6 - 2,381|}{1,009} = 1,765 \leq M$ .

При числе измерений  $N=96$  предельное значение критерия Шовене  $[Z] = 2,78$ ; следовательно, промахи измерений значений  $ПО$  в рассмотренной выборке отсутствуют.

Коэффициент вариации для рассмотренной выборки значений  $ПО$ :  $v = \frac{1,009}{2,381} = 0,424$ .

Дифференциальная функция распределения имеет вид:

$$f(ПО) = \frac{0,525}{1,009 \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(ПО-2,381)^2}{2 \cdot 1,018}} = 0,208 \cdot e^{-0,491(ПО-2,381)^2}$$

Результаты выравнивания измерений значений  $ПО$  нормальному закону распределения представлены в таблице А.11.3.  $t_{поi} = \frac{ПО_{icp} - 2,381}{1,009}$ .

Таблица А.11.3 – Результаты выравнивания значений  $ПО$  по нормальному закону распределения

| Параметр   | Интервалы |        |        |        |        |        |        |        |
|--|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|  | 1         | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      |
| $ПО_{icp}$   | 0,863     | 1,387  | 1,912  | 2,438  | 2,963  | 3,488  | 4,013  | 4,538  |
| $n_i$  | 8         | 17     | 22     | 15     | 15     | 7      | 7      | 5      |
| $P_i^*$  | 0,083     | 0,177  | 0,229  | 0,156  | 0,156  | 0,073  | 0,073  | 0,052  |
| $(ПО_{icp} - \overline{ПО})$                             | -1,518    | -0,994 | -0,469 | 0,057  | 0,582  | 1,107  | 1,632  | 2,157  |
| $t_{поi} = \frac{ПО_{icp} - \overline{ПО}}{\sigma_{ПО}}$ | -1,504    | -0,985 | -0,465 | 0,056  | 0,577  | 1,097  | 1,617  | 2,138  |
| $f(t_{поi})$   | 0,1276    | 0,2468 | 0,3589 | 0,3982 | 0,3372 | 0,2396 | 0,1074 | 0,0404 |
| $P_i$  | 0,066     | 0,128  | 0,187  | 0,207  | 0,175  | 0,125  | 0,056  | 0,021  |

|         |      |       |        |        |        |        |       |       |
|---------|------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| $n_i^*$ | 6,37 | 12,32 | 17,916 | 19,878 | 16,833 | 11,961 | 5,361 | 2,017 |
|---------|------|-------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|

Частость для теоретического закона результатов измерений  $P_i = \left( \frac{dПО_1}{\sigma_{ПО}} \right) \cdot f(t_{ПО_i})$ , где  $dПО = 0,525 \text{ мгО}_2/\text{л}$ ,  $\sigma_{ПО} = 1,009 \text{ мгО}_2/\text{л}$ , следовательно  $dПО/\sigma_{ПО} = 0,52$ .

Результаты выравнивания результатов измерений значений ПО по нормальному закону представляем графически на рисунке А.11.2 в виде зависимостей частот эмпирической  $n=f(ПО)$  и теоретической  $n^*=f(ПО)$ .

После выравнивания результатов измерений определяют их соответствие выбранному теоретическому закону распределения. Гипотеза, которая проверяется состоит в том, что результаты измерений соответствуют выбранному закону распределения. Для обоснования выбора определенного теоретического закона применяют критерии согласия.

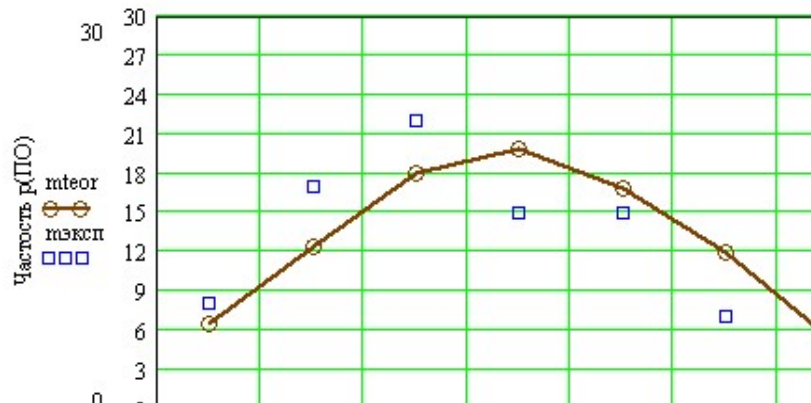


Рисунок А.11.2 - Выравнивание результатов измерений значений ПО нормальному закону распределения

Результаты расчета критерия согласия Пирсона  $\chi^2$  представлены таблице А.11.4.

Таблица А.11.4 - Расчет критерия согласия Пирсона  $\chi^2$

| Параметр                        | Интервалы |        |        |        |        |        |       |       |
|---------------------------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
|                                 | 1         | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7     | 8     |
| $ПО_{icp}$                      | 0,863     | 1,387  | 1,912  | 2,438  | 2,963  | 3,488  | 4,013 | 4,538 |
| $n_i$                           | 8         | 17     | 22     | 15     | 15     | 7      | 7     | 5     |
| $n_i^*$                         | 6,37      | 12,32  | 17,916 | 19,878 | 16,833 | 11,961 | 5,361 | 2,017 |
| $n_i - n_i^*$                   | 1,63      | 4,68   | 4,084  | -4,878 | -1,833 | -4,961 | 1,639 | 2,983 |
| $(n_i - n_i^*)^2$               | 2,657     | 21,902 | 16,679 | 23,795 | 3,36   | 24,612 | 2,686 | 8,898 |
| $\frac{(n_i - n_i^*)^2}{n_i^*}$ | 0,417     | 1,778  | 0,931  | 1,197  | 0,2    | 2,058  | 0,501 | 4,412 |

Критерий Пирсона  $\chi^2 = \sum_{i=1}^f \frac{(n_i - n_i^*)^2}{n_i^*} = 11,494$ , поэтому выполняется условие:

$$0,55 < \chi^2 < 20,52.$$

Следовательно, гипотеза о том, что измеренные величины значений ПО описываются нормальным законом распределения с параметрами среднее значение  $\overline{ПО} = 2,3381 \text{ мгО}_2/\text{л}$  и дисперсия  $\sigma = 1,009 \text{ мгО}_2/\text{л}$  верная.

Зависимость теоретической частоты значений ПО  $p(ПО_{2i}) = f(ПО_i)$  представляется формулой, а график зависимости в диапазоне  $ПО_{max} \leq ПО \leq ПО_{min}$  представлен на рисунок А.11.2.



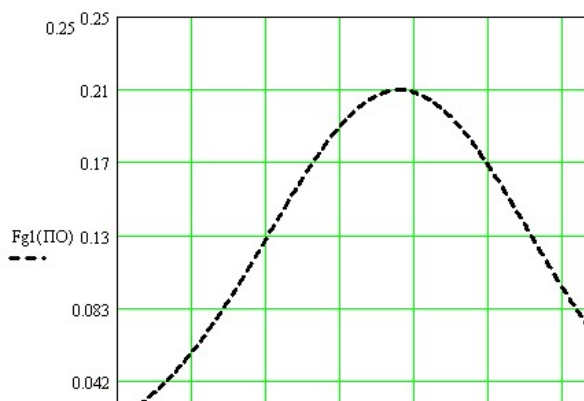


Рисунок А.11.2 - Зависимость теоретической частоты значений ПО

## ПРИЛОЖЕНИЕ А.12. СВОДНЫЕ ДАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТОВ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Таблица А.12.1 - Сводная таблица результатов обработки значений мутности для четырех ИЦВ г. Симферополя

|                 | $C_{min}$ | $C_{max}$ | $\bar{C}$ | $\sigma_C^2$ | $\sigma_C$ | Показательный                         |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------|---------------------------------------|
| Симферопольское | 1         | 27        | 6,29      | 55,58        | 7,456      | $f(C)=0,159 \cdot e^{-0,159 \cdot C}$ |
| Партизанское    | 2,4       | 78        | 16,5      | 170,9        | 13,073     | $f(C)=0,061 \cdot e^{-0,061 \cdot C}$ |
| Межгорное       |           |           |           |              |            |                                       |
| Аянское         | 0,25      | 9,5       | 2,48      | 3,572        | 1,89       | $f(C)=0,43 \cdot e^{-0,43 \cdot C}$   |

Таблица А.12.2 - Сводная таблица результатов обработки значений цветности для четырех ИЦВ г. Симферополя

|                | $C_{min}$ | $C_{max}$ | $\bar{C}$  | $\sigma_C^2$ | $\sigma_C$ | Показательный  |
|----------------|-----------|-----------|------------|--------------|------------|--|
| Симферопольско | 1         | 40        | 12,3       | 44,00        | 6,634      | $f(C)=0,081 \cdot e^{-0,081 \cdot C}$  |
| Партизанское   | 7         | 70        | 24,0       | 173,0        | 13,153     | $f(C)=0,042 \cdot e^{-0,042 \cdot C}$  |
| Межгорное      |           |           |            |              |            |  |
| Аянское        | 5         | 25        | 12,4<br>75 | 28,29<br>5   | 5,378      | $f(C)=0,176 \cdot \left(\frac{C}{14,079}\right)^{1,48} \cdot \exp\left[-\left(\frac{C}{14,079}\right)^{2,48}\right]$ |

Таблица А.12.3 - Сводная таблица результатов обработки значений ПО для четырех ИЦВ г. Симферополя

|                 | $ПО_{min}$ | $ПО_{max}$ | $\overline{ПО}$ | $\sigma_{ПО}^2$ | $\sigma_{ПО}$ | Закон распределения                                  |
|-----------------|------------|------------|-----------------|-----------------|---------------|--|
| Симферопольское | 2          | 9          | 4,646           | 2,53            | 1,591         | $f(ПО)=0,219 \cdot \exp[-0,198 \cdot (ПО-4,646)^2]$  |
| Партизанское    | 2,94       | 5,52       | 4,041           | 0,35            | 0,592         | $f(ПО)=0,217 \cdot \exp[-1,43 \cdot (ПО-4,041)^2]$   |
| Межгорное       | 5,8        | 7,6        | 6,656           | 0,12            | 0,346         | $f(ПО)=0,346 \cdot \exp[-0,4167 \cdot (ПО-6,656)^2]$ |
| Аянское         | 0,6        | 4,8        | 2,381           | 1,018           | 1,009         | $f(ПО)=0,208 \cdot \exp[-0,491 \cdot (ПО-2,381)^2]$  |

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б. СВОДНЫЕ ДАННЫЕ ПО КОАГУЛЯНТАМ, ПРИМЕНЯЕМЫМ В ХОДЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

### Приложение Б.1. Характеристики используемых коагулянтов

1. Сульфат алюминия технический, очищенный (ГОСТ 12966-85).

Химическая формула -  $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$ .

Применялся кусковой сульфат алюминия 1 сорта выпускаемый украинским предприятием ДП «Завод «Коагулянт». Был представлен солью белого цвета с серым, голубым или розовым оттенком, имел вид плотных кусков мелкокристаллического строения.

Таблица Б.1 - Характеристики сульфата алюминия

| Нормируемые показатели, массовая доля в %            | Норма для 1-го сорта |
|--|----------------------|
| оксида алюминия ( $Al_2O_3$ ), не менее              | 16                   |
| нерастворимого остатка в воде, не более              | 0,3                  |
| железа в пересчете на оксид железа (III), не более   | 0,02                 |
| свободной серной кислоты ( $H_2SO_4$ ), не более     | -                    |
| мышьяка в пересчете на оксид мышьяка (III), не более | 0,001                |

2. Хлорид железа (III) 6-водный, «чистый», (ГОСТ 4147-74).

Химическая формула –  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ .

Используемый гексагидрат хлорида железа представлен темно-коричневой густой массой, состоящей из сильно гидратированных кристаллов хлорида железа.

Таблица Б.2 - Характеристики хлорида железа

| Нормируемые показатели, массовая доля в %               | Норма для 1-го сорта |
|---|----------------------|
| содержание основного вещества ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ), | 96,6                 |
| нерастворимого остатка в воде, не более                 | 0,2                  |
| содержание $FeCl_2$ , не более                          | 1,2                  |

3. «Полвак-40» (раствор гидроксихлорида алюминия по ТУ У 19155069.001-1999).

Химическая формула –  $Al_2(OH)_nCl_{6-n}$  (основным является пентагидрохлорид алюминия -  $Al_2(OH)_5Cl$ ).

Коагулянт «Полвак-40» применяют для очистки питьевых вод из поверхностных источников и промышленных стоков, а также в технологических процессах в бумажной, текстильной и других областях промышленности.

«Полвак-40» представляет собой зеленовато-желтую жидкость, допускается наличие других оттенков и мути

Таблица Б.3 - Характеристика коагулянта Полвак-40

| Нормируемые показатели, массовая доля в %                               | Норма для 1-го сорта |
|---|----------------------|
| основное вещество в пересчете на оксид алюминия ( $Al_2O_3$ ), не менее | 17                   |
| относительная основность  | 40                   |
| нерастворимого остатка в воде, не более                                 | 0,3                  |
| хлоридов, не более  | 5...20               |
| плотность при 20 °С, г/см <sup>3</sup>                                  | 1,38                 |

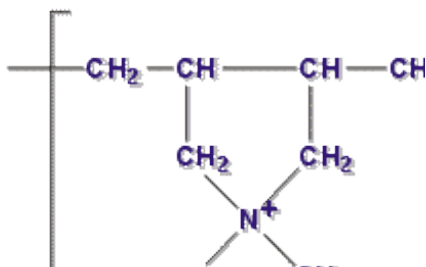
Массовая доля примесей *Fe, Mn, Cu, Zn, Pb, As, Mo, Se, Sr, Hg, Cd, Ni, Cr, Sn* в воде при применении коагулянта, соответствует требованиям ГОСТ 2874-82.

4. Магнафлок ЛТ-27 (MagnaFlock LT27). Магнафлок ЛТ является средне-/слабоанионным флокулянт разработанным на основе полиакриламида специально для повышения производительности установок очистки воды. Поставляется в сухом гранулированном виде (белые гранулы) содержание активного вещества – 99,9%. Молекулярная масса флокулянта очень высокая, содержание акриламидного мономера менее 0,25%. Преимущества флокулянта проявляются в процессах осветления, фильтрации, осветления отработанной промывной воды фильтров, сгущения и обезвоживания осадков. Для обработки промывных вод производитель рекомендует дозу флокулянта 1...2 мг/л.

### 5. ПолиДАДМАХ (PolyDADMAC).

Коагулянты *PolyDADMAC* (диаллилдиметиламмоний хлорид) синтезированы из аллилхлорида и диметиламина. Реактивность аллилового радикала в *DADMAC* во время полимеризации ограничивает молекулярную массу полимера.

Химическая формула –



- Молекулярная масса от 10 000 до 1 000 000.
- В порошке или в жидкой форме с концентрацией от 20...40%.
- Катионные заряды расположены на вторичной цепи.
- Вязкость 40%-ного раствора в жидкой форме от 40 ... 20 000 сПз.
- Стойкость к хлорированию.
- Совместимость при смешивании с неорганическими коагулянтами.
- Исключительная стойкость при хранении.
- Возможность применения неразбавленным или в растворе.

Благодаря своей очень большой молекулярной массе полимерные флокулянты чрезвычайно эффективно образуют мостики между микрохлопьями, возникшими при коагуляции, создавая более крупные макрохлопья. Использование вслед за коагуляцией очень малых количеств этих флокулянтов (0,01...0,5 мг/л) максимизирует захват частиц, ускоряет образование хлопьев и делает хлопья более плотными и быстро осаждаемыми ([www.snf-group.com](http://www.snf-group.com)).

Оптимальную дозу коагулянта определяют экспериментально, пробным коагулированием, для каждого конкретного состава воды. При проведении эксперимента по пробному коагулированию, на остаточную концентрацию загрязняющих веществ в отстаивной воде влияет большое количество факторов:

- исходная концентрация;
- доза реагента;
- время отстаивания;
- рН;
- температура воды;
- режим смешения воды с коагулянтом (интенсивность, продолжительность, способ перемешивания);
- режим хлопьеобразования;

В работе определяли исходную концентрацию, дозу коагулянта, время отстаивания, время отстаивания, рН, температуру. Данные по пробному коагулированию приведены в табл. Б.4-Б.19 и на рисунках Б.1-Б.15.

## Приложение Б.2. Методики приготовления рабочих растворов реагентов

### Б.2.1 Методика приготовления рабочего раствора сульфата алюминия

Для приготовления 1 л рабочего раствора сернокислого алюминия с содержанием активного вещества 5 г/л по  $Al_2O_3$  необходимо взвесить 31,25 г товарного продукта сульфата алюминия, поместить в мерную колбу и долить дистиллированной водой до отметки 1 л. Полученный раствор хранился не более двух суток, перед дозированием раствор необходимо хорошо взбалтывать.

### Б.2.2 Методика приготовления рабочего раствора хлорного железа

Хлорное железо. Для приготовления 1 л рабочего хлорного железа с содержанием активного вещества 10 г/л по  $FeCl_3$  необходимо взвесить 16,66 г товарного продукта хлорного железа, поместить в мерную колбу и долить дистиллированной водой до отметки 1 л. Полученный раствор хранился не более двух суток, перед дозированием раствор необходимо взбалтывать.

### Б.2.3 Методика приготовления рабочего раствора «Полвак-40»

«Полвак-40». Для приготовления 1 л рабочего раствора «Полвак-40» с содержанием активного вещества 1 г/л по  $Al_2O_3$  необходимо взвесить 1,7 г товарного продукта «Полвак-40», поместить в мерную колбу и долить дистиллированной водой до отметки 1 л. Полученный раствор хранился не более двух суток, перед дозированием раствор необходимо взбалтывать.

### Б.2.3 Методика приготовления рабочего раствора «ПолиДАДМАХ»

«ПолиДАДМАХ». Для приготовления 1 л рабочего раствора коагулянта «ПолиДАДМАХ» с содержанием активного вещества 500 мг/л по полимеру необходимо взвесить 0,5 г товарного продукта, поместить в мерную колбу и долить дистиллированной водой до от метки 1 л. При необходимости дозирования малых доз коагулянта рабочий раствор разбавляли дистиллированной водой. Полученный раствор хранился не бодем двух суток, перед дозированием раствор не обходимо хорошо взбалтывать.

### Приложение Б.3. Результаты пробного коагулирования

Таблица Б.3.1 – Результаты пробного коагулирования для коагулянта  $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$  при исходной мутности  $M_{исх}=17,5$  мг/л;  $T=21^\circ C$ ;  $pH7,8$ ;  $1$ мл- $10$  мг

| № цилиндра | Количество раствора коагулянта, мл | Соответствующая доза коагулянта, мг/л | $M_{ост}$ , мг/л     |                      |                      |                      |
|------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|            |                                    |                                       | $t_{ост} = 15$ , мин | $t_{ост} = 30$ , мин | $t_{ост} = 45$ , мин | $t_{ост} = 60$ , мин |
| 1          | 0                                  | 0                                     | 17,5                 | 17,5                 | 17,5                 | 16                   |
| 2          | 1                                  | 10                                    | 19                   | 15                   | 13,5                 | 9,5                  |
| 3          | 1,2                                | 12                                    | 19                   | 15                   | 12                   | 9                    |
| 4          | 1,4                                | 14                                    | 17                   | 11,5                 | 11                   | 7,5                  |
| 5          | 1,6                                | 16                                    | 16                   | 9                    | 8                    | 5,5                  |
| 6          | 1,8                                | 18                                    | 12,5                 | 8,5                  | 8                    | 6                    |

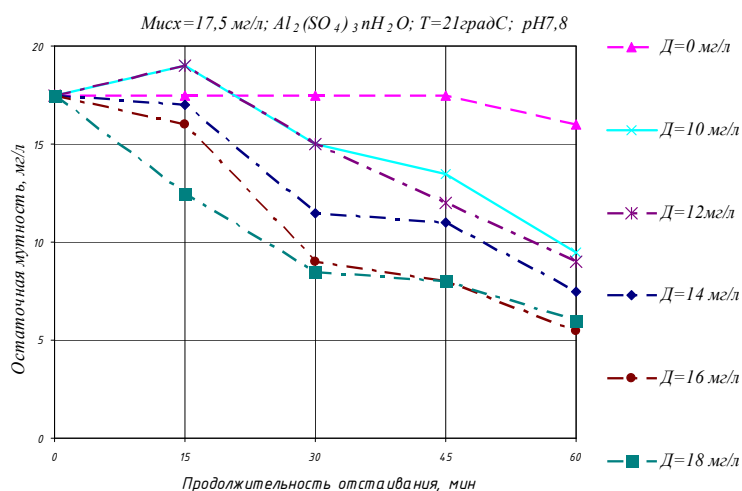


Рисунок Б.3.1 – Результаты пробного коагулирования для коагулянта  $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$  при исходной мутности  $M_{исх}=17,5$  мг/л

Таблица Б.3.2 – Результаты пробного коагулирования для коагулянта  $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$  при исходной мутности  $M_{исх}=42$  мг/л;  $T=21^\circ C$ ;  $pH7,8$ ;  $1$ мл- $10$  мг

| № цилиндра | Количество раствора коагулянта, мл | Соответствующая доза коагулянта, мг/л | $M_{ост}$ , мг/л     |                      |                      |                      |
|------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|            |                                    |                                       | $t_{ост} = 15$ , мин | $t_{ост} = 30$ , мин | $t_{ост} = 60$ , мин | $t_{ост} = 90$ , мин |
| 1          | 0                                  | 0                                     | 36,00                | 30,00                | 28,00                | 26,00                |
| 2          | 1,4                                | 14                                    | 25                   | 16                   | 4,7                  | 4,1                  |
| 3          | 2                                  | 20                                    | 8,50                 | 4,50                 | 4,10                 | 3,80                 |
| 4          | 2,6                                | 26                                    | 12,00                | 6,00                 | 5,00                 | 4,80                 |

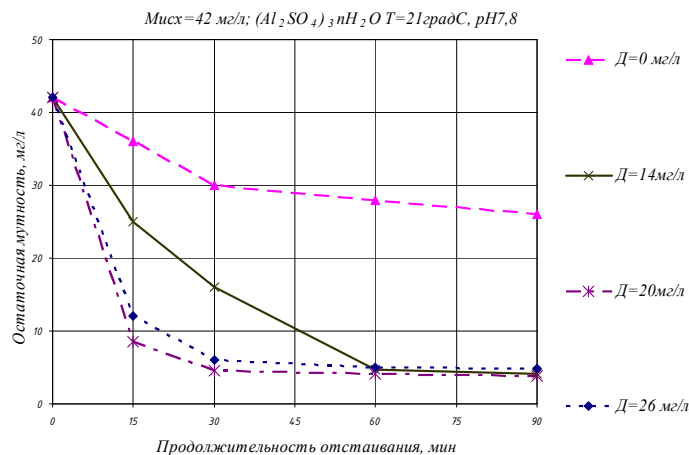


Рисунок Б.3.2 – Результаты пробного коагулирования для коагулянта  $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$  при исходной мутности  $M_{исх}=42$  мг/л

Таблица Б.3.3 – Результаты пробного коагулирования для коагулянта  $FeCl_3$  при исходной мутности  $M_{исх}=42$  мг/л;  $T=14^\circ C$ ;  $pH7,25$ ;  $1мл-7,5$  мг

| № цилиндра | Количество раствора коагулянта, мл | Соответствующая доза коагулянта, мг/л | $M_{ост}, мг/л$       |                       |                       |                       |
|------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|            |                                    |                                       | $t_{отст}=15,$<br>мин | $t_{отст}=30,$<br>мин | $t_{отст}=45,$<br>мин | $t_{отст}=60,$<br>мин |
| 1          | 2,5                                | 18,75                                 | 19                    | 15                    | 10,5                  | 8,5                   |
| 2          | 3                                  | 22,5                                  | 18                    | 12                    | 8,5                   | 8,5                   |
| 3          | 3,5                                | 26,25                                 | 17                    | 13                    | 11                    | 9,5                   |
| 4          | 4                                  | 30                                    | 16                    | 11                    | 8,5                   | 8                     |
| 5          | 4,5                                | 33,75                                 | 13                    | 7,5                   | 7,5                   | 6                     |
| 6          | 5                                  | 37,5                                  | 14                    | 9,5                   | 8                     | 6                     |

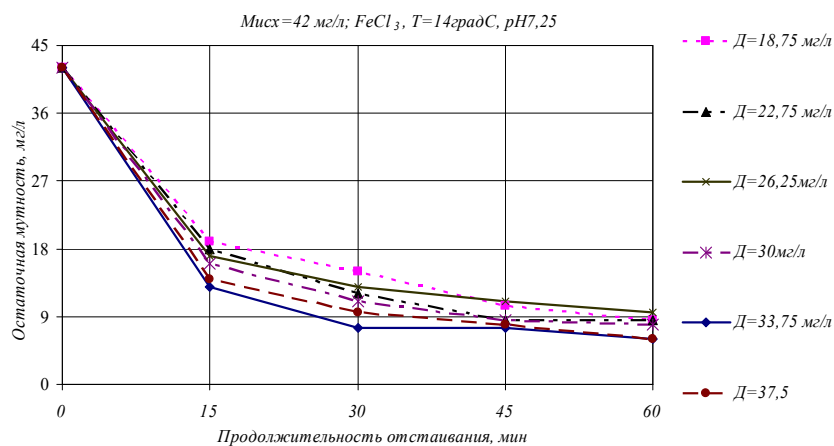


Рисунок Б.3.3 - Результаты пробного коагулирования при использовании коагулянта  $FeCl_3$  исходная мутность  $M_{исх}=42$  мг/л

Таблица Б.3.4 – Результаты пробного коагулирования для коагулянта  $FeCl_3$  при исходной мутности  $M_{исх}=54$  мг/л;  $T=14^\circ C$ ;  $pH7,25$ ;  $1мл-10$  мг

| № цилиндра | Количество раствора коагулянта, мл | Соответствующая доза коагулянта, мг/л | $M_{ост}, мг/л$       |                       |                       |                       |
|------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|            |                                    |                                       | $t_{отст}=15,$<br>мин | $t_{отст}=30,$<br>мин | $t_{отст}=45,$<br>мин | $t_{отст}=60,$<br>мин |
| 0          | 0                                  | 0                                     | 50                    | 44                    | 40                    | 36                    |
| 1          | 1,2                                | 12                                    | 40                    | 34                    | 34                    | 30                    |
| 2          | 1,6                                | 16                                    | 35                    | 30                    | 30                    | 28                    |
| 3          | 2                                  | 20                                    | 37                    | 32                    | 28                    | 24                    |
| 4          | 2,4                                | 24                                    | 48                    | 44                    | 33                    | 30                    |

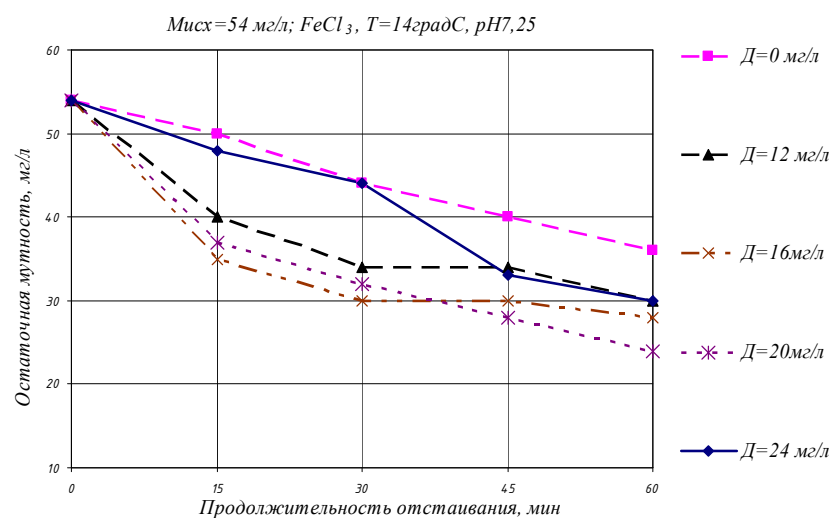


Рисунок Б.3.4 - Результаты пробного коагулирования при использовании коагулянта  $FeCl_3$  исходная мутность  $M_{исх}=54$  мг/л

Таблица Б.3.5 – Результаты пробного коагулирования для коагулянта  $FeCl_3$  при исходной мутности  $M_{исх}=80$  мг/л;  $T=14^\circ C$ ;  $pH7,25$ ;  $1мл-7,5$  мг

| № цилиндра | Количество раствора коагулянта, мл | Соответствующая доза коагулянта, мг/л | $M_{ост}, мг/л$       |                       |                       |                       |
|------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|            |                                    |                                       | $t_{отст}=15,$<br>мин | $t_{отст}=30,$<br>мин | $t_{отст}=45,$<br>мин | $t_{отст}=60,$<br>мин |
| 1          | 0                                  | 0                                     | 70                    | 61                    | 43                    | 38                    |
| 2          | 3,4                                | 25,5                                  | 18                    | 12                    | 8,5                   | 8,5                   |
| 3          | 4,6                                | 34,5                                  | 17                    | 13                    | 11                    | 9,5                   |
| 4          | 6                                  | 45                                    | 16                    | 11                    | 8,5                   | 8                     |

Примечание. Хлопья осадка рыхлые, значительного объема.

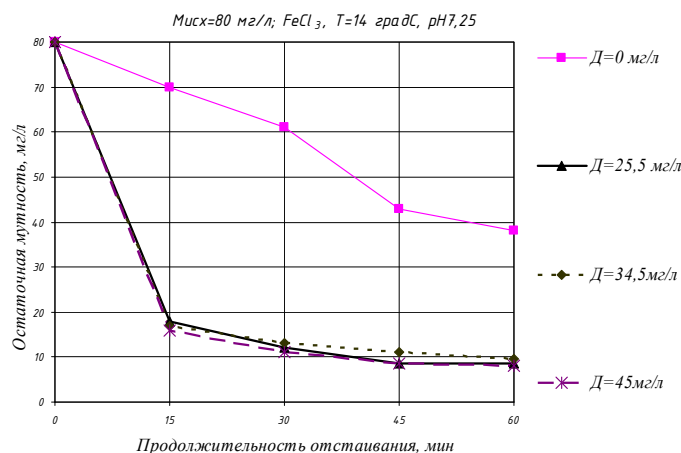


Рисунок Б.3.5 - Результаты пробного коагулирования при использовании коагулянта  $FeCl_3$  исходная мутность  $M_{исх}=80$  мг/л

Таблица Б.3.6 – Результаты пробного коагулирования для коагулянта  $FeCl_3$  при исходной мутности  $M_{исх}=190$  мг/л;  $T=13^\circ C$ ;  $pH7,5$ ;  $1мл-5$  мг

| № цилиндра | Количество раствора коагулянта, мл | Соответствующая доза коагулянта, мг/л | $M_{ост}, мг/л$       |                       |                       |                       |
|------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|            |                                    |                                       | $t_{отст}=15,$<br>мин | $t_{отст}=30,$<br>мин | $t_{отст}=45,$<br>мин | $t_{отст}=60,$<br>мин |
| 0          | 0                                  | 0                                     | 185                   | 140                   | 115                   | 115                   |
| 1          | 2                                  | 10                                    | 95                    | 48                    | 44                    | 40                    |
| 2          | 6                                  | 30                                    | 70                    | 32                    | 28                    | 24                    |
| 3          | 10                                 | 50                                    | 36                    | 20                    | 18                    | 11                    |
| 4          | 14                                 | 70                                    | 22                    | 17                    | 16                    | 10                    |
| 5          | 16                                 | 80                                    | 18                    | 14                    | 10                    | 9,5                   |

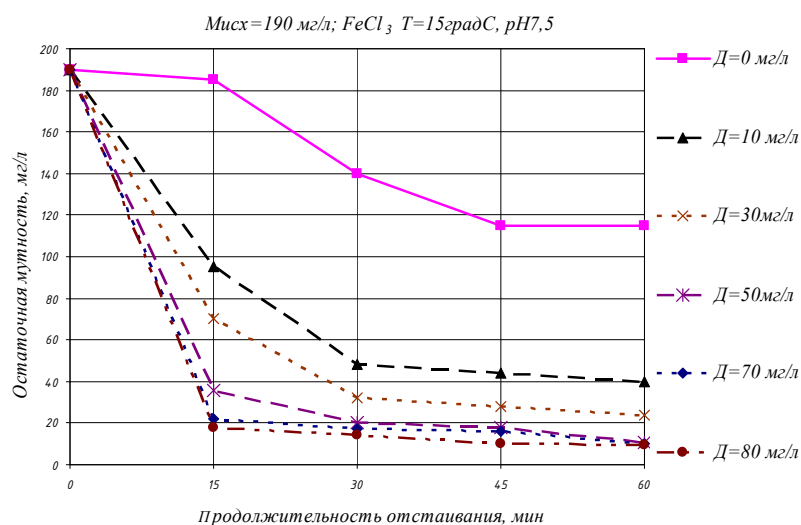


Рисунок Б.3.6 - Результаты пробного коагулирования при использовании коагулянта  $FeCl_3$  исходная мутность  $M_{исх}=190$  мг/л

Таблица Б.3.7 – Результаты пробного коагулирования для коагулянта «Полвак-40» при исходной мутности  $M_{исх}=80$  мг/л;  $T=14^{\circ}\text{C}$ ;  $pH7,5$ ; 1мл-2 мг

| № цилиндра | Количество раствора коагулянта, мл | Соответствующая доза коагулянта, мг/л | $M_{ост}, \text{мг/л}$    |                           |                           |                           |
|------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|            |                                    |                                       | $t_{отст}=15, \text{мин}$ | $t_{отст}=30, \text{мин}$ | $t_{отст}=45, \text{мин}$ | $t_{отст}=60, \text{мин}$ |
| 0          | 0                                  | 0                                     | 75                        | 70                        | 60                        | 52                        |
| 1          | 2                                  | 0,5                                   | 60                        | 55                        | 48                        | 45                        |
| 2          | 4                                  | 1                                     | 55                        | 35                        | 28                        | 22                        |
| 3          | 6                                  | 2                                     | 28                        | 21                        | 21                        | 14                        |
| 4          | 8                                  | 3                                     | 18                        | 16                        | 9                         | 7,5                       |
| 5          | 10                                 | 4                                     | 20                        | 14                        | 10                        | 9,5                       |

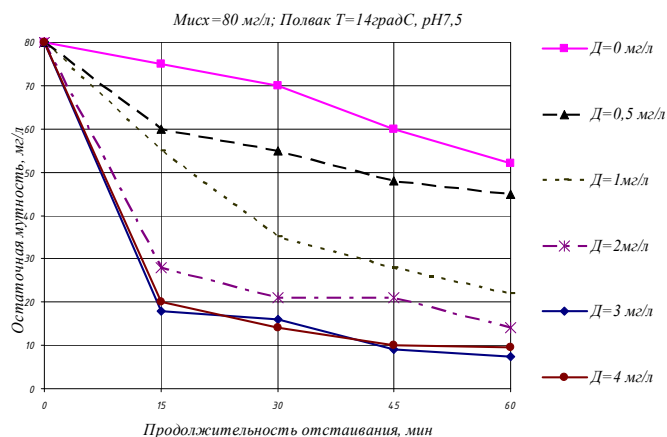


Рисунок Б.3.7 - Результаты пробного коагулирования при использовании коагулянта «Полвак-40» исходная мутность  $M_{исх}=80$  мг/л

Таблица Б.3.8 - Результаты пробного коагулирования для коагулянта «Полвак-40» при исходной мутности  $M_{исх}=120$  мг/л;  $T=14^{\circ}\text{C}$ ;  $pH7,5$ ; 1мл-2 мг

| № цилиндра | Количество раствора коагулянта, мл | Соответствующая доза коагулянта, мг/л | $M_{ост}, \text{мг/л}$    |                           |                           |                           |
|------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|            |                                    |                                       | $t_{отст}=15, \text{мин}$ | $t_{отст}=30, \text{мин}$ | $t_{отст}=45, \text{мин}$ | $t_{отст}=60, \text{мин}$ |
| 0          | 0                                  | 0                                     | 110                       | 95                        | 82                        | 75                        |
| 1          | 3                                  | 6                                     | 40                        | 22                        | 14                        | 12,5                      |
| 2          | 5                                  | 10                                    | 21                        | 15                        | 12                        | 9                         |
| 3          | 7                                  | 14                                    | 17                        | 13                        | 11,5                      | 7,5                       |
| 4          | 9                                  | 18                                    | 21                        | 13                        | 11                        | 9                         |
| 5          | 11                                 | 22                                    | 14                        | 11                        | 10                        | 8                         |

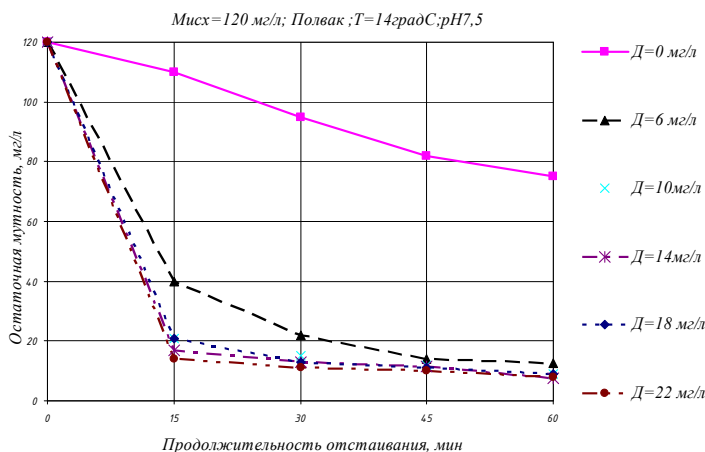


Рисунок Б.3.8 - Результаты пробного коагулирования при использовании коагулянта «Полвак-40» исходная мутность  $M_{исх}=120$  мг/л



Таблица Б.3.9 – Результаты пробного коагулирования для коагулянта «Магнафлок» при исходной мутности  $M_{исх}=90$  мг/л;  $T=14^{\circ}\text{C}$ ;  $pH7,5$ ;  $1\text{мл}-0,3$  мг

| № цилиндра | Количество раствора коагулянта, мл | Соответствующая доза коагулянта, мг/л | $M_{ост}, \text{мг/л}$    |                           |                           |                           |
|------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|            |                                    |                                       | $t_{отст}=15, \text{мин}$ | $t_{отст}=30, \text{мин}$ | $t_{отст}=45, \text{мин}$ | $t_{отст}=60, \text{мин}$ |
| 0          | 0                                  | 0                                     | 85                        | 75                        | 75                        | 70                        |
| 1          | 2                                  | 0,6                                   | 32,5                      | 26                        | 20                        | 19                        |
| 2          | 4                                  | 1,2                                   | 17                        | 14                        | 12                        | 12                        |
| 3          | 6                                  | 1,8                                   | 18                        | 11                        | 10                        | 9                         |
| 4          | 8                                  | 2,4                                   | 15                        | 12                        | 11                        | 9,5                       |
| 5          | 10                                 | 3                                     | 14                        | 11                        | 10                        | 8                         |

**Примечание.** При введении коагулянта на поверхности воды появилась пена с частичками загрязнений.

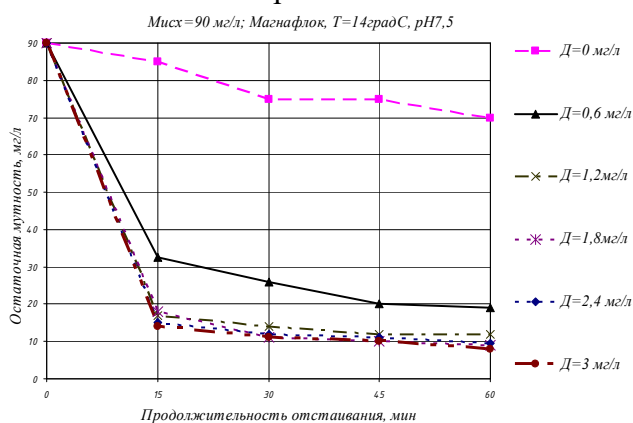


Рисунок Б.3.9 - Результаты пробного коагулирования при использовании коагулянта «Магнафлок» исходная мутность  $M_{исх}=90$  мг/л

Таблица Б.3.10 – Результаты пробного коагулирования для коагулянта «Магнафлок» при исходной мутности  $M_{исх}=130$  мг/л;  $T=14^{\circ}\text{C}$ ;  $pH7,5$ ;  $1\text{мл}-0,3$  мг

| № цилиндра | Количество раствора коагулянта, мл | Соответствующая доза коагулянта, мг/л | $M_{ост}, \text{мг/л}$    |                           |                           |                           |
|------------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|            |                                    |                                       | $t_{отст}=15, \text{мин}$ | $t_{отст}=30, \text{мин}$ | $t_{отст}=45, \text{мин}$ | $t_{отст}=60, \text{мин}$ |
| 0          | 0                                  | 0                                     | 95                        | 55                        | 42,5                      | 37,5                      |
| 1          | 2                                  | 0,6                                   | 32,5                      | 21                        | 14                        | 14                        |
| 2          | 4                                  | 1,2                                   | 18                        | 13,5                      | 13                        | 13                        |
| 3          | 6                                  | 1,8                                   | 18                        | 14                        | 12                        | 11                        |
| 4          | 8                                  | 2,4                                   | 18                        | 12,5                      | 10,5                      | 10                        |
| 5          | 10                                 | 3                                     | 15                        | 11                        | 10                        | 9,5                       |

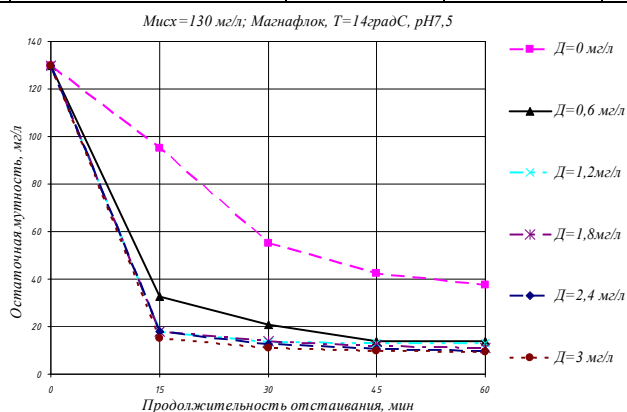


Рисунок Б.3.10 - Результаты пробного коагулирования при использовании коагулянта Магнафлок исходная мутность  $M_{исх}=130$  мг/л

Таблица Б.3.11 – Результаты пробного коагулирования для коагулянта «ПолиДАДМАХ» при исходной мутности  $M_{исх}=12$  мг/л;  $T=18^{\circ}\text{C}$ ;  $pH7,81$ ; 1 мл-0,04 мг

| № цилиндра | Количество раствора коагулянта, мл | Соответствующая доза коагулянта, мг/л | $M_{ост}, \text{мг/л}$     |                            |                            |                            |
|------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|            |                                    |                                       | $t_{ост} = 15, \text{мин}$ | $t_{ост} = 30, \text{мин}$ | $t_{ост} = 45, \text{мин}$ | $t_{ост} = 60, \text{мин}$ |
| 0          | 0                                  | 0                                     | 11,5                       | 11,25                      | 11                         | 10                         |
| 1          | 2                                  | 0,08                                  | 11,5                       | 10                         | 10                         | 10                         |
| 2          | 3                                  | 0,12                                  | 8,5                        | 8,5                        | 8,5                        | 7,5                        |
| 3          | 3,5                                | 0,14                                  | 8,5                        | 7,75                       | 7,75                       | 7                          |
| 4          | 3,75                               | 0,15                                  | 7,5                        | 6,5                        | 6,5                        | 6,5                        |

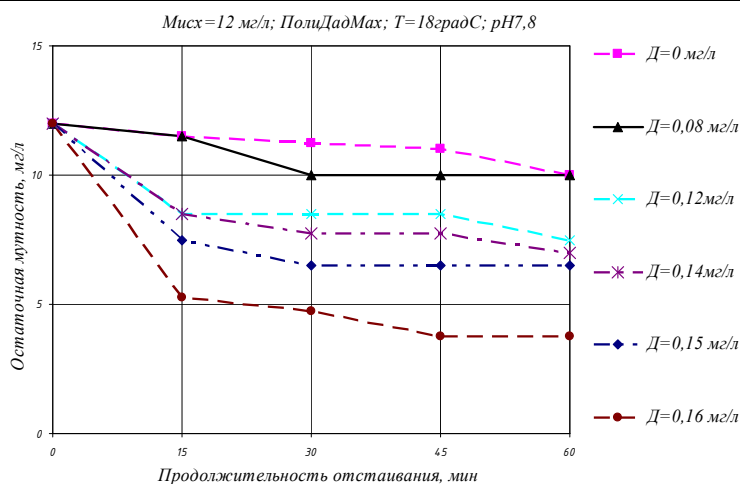


Рисунок Б.3.11 - Результаты пробного коагулирования при использовании коагулянта «ПолиДАДМАХ» исходная мутность  $M_{исх}=12$  мг/л

Таблица Б.3.12 – Результаты пробного коагулирования для коагулянта «ПолиДАДМАХ» при исходной мутности  $M_{исх}=18$  мг/л;  $T=18^{\circ}\text{C}$ ;  $pH7,8$ ; 1мл-0,04 мг

| № цилиндра | Количество раствора коагулянта, мл | Соответствующая доза коагулянта, мг/л | $M_{ост}, \text{мг/л}$     |                            |                            |                            |
|------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|            |                                    |                                       | $t_{ост} = 15, \text{мин}$ | $t_{ост} = 30, \text{мин}$ | $t_{ост} = 45, \text{мин}$ | $t_{ост} = 60, \text{мин}$ |
| 0          | 0                                  | 0                                     | 17,5                       | 16,6                       | 14,85                      | 14,85                      |
| 1          | 1                                  | 0,04                                  | 11,5                       | 9,5                        | 9,5                        | 9                          |
| 2          | 2                                  | 0,08                                  | 11                         | 8,5                        | 7,5                        | 6,5                        |
| 3          | 3                                  | 0,12                                  | 8,5                        | 7                          | 6                          | 6                          |
| 4          | 4                                  | 0,16                                  | 6                          | 4,75                       | 4,25                       | 3,25                       |
| 5          | 5                                  | 0,2                                   | 8                          | 6                          | 5                          | 4,5                        |

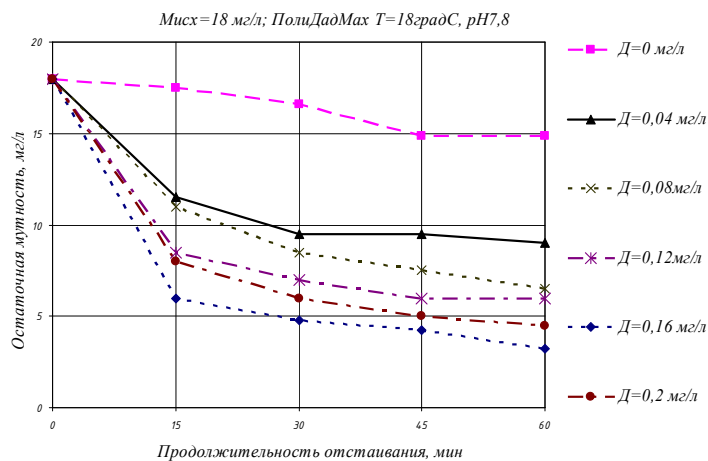


Рисунок Б.3.12 - Результаты пробного коагулирования при использовании коагулянта «ПолиДАДМАХ» исходная мутность  $M_{исх}=18$  мг/л

Таблица Б.3.13 – Результаты пробного коагулирования для коагулянта «ПолиДАДМАХ» при исходной мутности  $M_{исх}=52$  мг/л;  $T=18^{\circ}\text{C}$ ;  $pH7,8$ ;  $I_{мл}-0,04$  мг

| № цилиндра | Количество раствора коагулянта, мл | Соответствующая доза коагулянта, мг/л | $M_{ост}, \text{мг/л}$     |                            |                            |                            |
|------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|            |                                    |                                       | $t_{ост} = 15, \text{мин}$ | $t_{ост} = 30, \text{мин}$ | $t_{ост} = 45, \text{мин}$ | $t_{ост} = 60, \text{мин}$ |
| 1          | 1,25                               | 0,05                                  | 5                          | 4,5                        | 3,75                       | 3,75                       |
| 2          | 2,5                                | 0,1                                   | 5                          | 3,75                       | 3,75                       | 3,75                       |
| 3          | 3,75                               | 0,15                                  | 5                          | 4                          | 3,75                       | 3,75                       |
| 4          | 5                                  | 0,2                                   | 5                          | 4,25                       | 4                          | 4                          |
| 5          | 6,25                               | 0,25                                  | 6                          | 4,5                        | 4                          | 3,5                        |
| 6          | 7,5                                | 0,3                                   | 4                          | 3,5                        | 3,5                        | 3,25                       |

**Примечание.** При перемешивании резкое образование хлопьев, небольшого объема. Осадок плотный высотой менее 1 см.

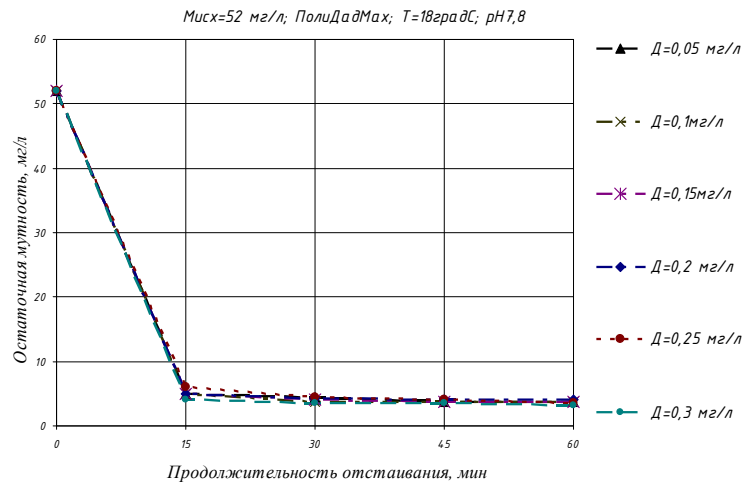


Рисунок Б.3.13 - Результаты пробного коагулирования при использовании коагулянта «ПолиДАДМАХ» исходная мутность  $M_{исх}=52$  мг/л

Приложение Б.4 – Журнал наблюдений реагентного фильтрования на крупномасштабной экспериментальной установке с применением реагента «ПолиДАДМАХ»

| Реагент<br>ПолиДАДМА<br>Х | Расход<br>раствора<br>реагента<br>, мл/мин | Расход<br>реагента<br>, мл/ч | Расход<br>реагента<br>, мг/ч | Доза<br>,<br>мг/л | Расхо<br>д<br>воды,<br>2л t<br>сек. | Расхо<br>д<br>воды,<br>л/ч. | Скорость<br>фильтрования<br>, м/ч | Мутност<br>ь<br>исходная<br>, мг/л | Мутность<br>очищенная<br>, мг/л | ПО<br>исходная<br>, мг О2/л | ПО<br>очищенная<br>, мг О2/л | Пьезомет<br>р до<br>фильтра,<br>м | Пьезомет<br>р после<br>фильтра,<br>м |    |
|---------------------------|--|------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|----|
| 18.11.2                   | 11:00                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,27                                | 23                          | 313,0                             | 4,4                                | 5                               | 1                           |                              | 28                                | 20                                   |    |
|                           | 12:00                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,27                                | 23                          | 313,0                             | 4,4                                | 9                               | 0,75                        | 6,6                          | 5,2                               | 28                                   | 20 |
|                           | 13:30                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,25                                | 21                          | 342,9                             | 4,8                                | 10                              | 1,5                         |                              | 28                                | 20                                   |    |
|                           | 14:30                                      | 2,9                          | 174                          | 87                | 0,25                                | 21                          | 342,9                             | 4,8                                | 12                              | 1,75                        | 6,56                         | 5,72                              | 28                                   | 20 |
|                           | 16:00                                      | 2,9                          | 174                          | 87                | 0,24                                | 20                          | 360,0                             | 5,1                                | 4,75                            | -                           | 5,6                          | 4,8                               | 28                                   | 20 |
|                           | 17:30                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,23                                | 20                          | 360,0                             | 5,1                                | 3,5                             | -                           | 5,52                         | 4,64                              | 28                                   | 20 |
|                           | 19:00                                      | 2,9                          | 174                          | 87                | 0,25                                | 21                          | 342,9                             | 4,8                                | 4,25                            | -                           |                              | 28                                | 20                                   |    |
| 23.11.2                   | 10:30                                      | 2,7                          | 162                          | 81                | 0,32                                | 28                          | 257,1                             | 3,6                                | 3                               | 1,75                        |                              | 28                                | 20                                   |    |
|                           | 12:30                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,25                                | 21                          | 342,9                             | 4,8                                | 3,75                            | 0,75                        |                              | 28                                | 20                                   |    |
|                           | 14:00                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,27                                | 23                          | 313,0                             | 4,4                                | 3,75                            | 0,75                        |                              | 28                                | 20                                   |    |
|                           | 15:30                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,26                                | 22                          | 327,3                             | 4,6                                | 3,25                            | 0,75                        | 5,6                          | 4,8                               | 28                                   | 20 |
|                           | 17:00                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,27                                | 23                          | 313,0                             | 4,4                                | 3,5                             | 1,25                        |                              | 28                                | 20                                   |    |
|                           | 18:30                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,26                                | 22                          | 327,3                             | 4,6                                | 3,5                             | 1,25                        |                              | 28                                | 20                                   |    |
| 24.11.2                   | 10:30                                      | 1,6                          | 96                           | 48                | 0,15                                | 23                          | 313,0                             | 4,4                                | 3,5                             | 1,5                         |                              | 28                                | 20                                   |    |
|                           | 11:30                                      | 1,6                          | 96                           | 48                | 0,15                                | 23                          | 313,0                             | 4,4                                | 3,5                             | 1                           |                              | 28                                | 20                                   |    |
|                           | 13:00                                      | 1,5                          | 90                           | 45                | 0,14                                | 23                          | 313,0                             | 4,4                                | 3,75                            | 1                           |                              | 28                                | 20                                   |    |
|                           | 14:30                                      | 1,5                          | 90                           | 45                | 0,14                                | 23                          | 313,0                             | 4,4                                | 13                              | -                           | 5,24                         | 4,8                               | 28                                   | 20 |
|                           | 16:00                                      | 1,6                          | 96                           | 48                | 0,15                                | 23                          | 313,0                             | 4,4                                | 5                               | 1,5                         |                              | 29                                | 20                                   |    |
|                           | 17:30                                      | 1,4                          | 84                           | 42                | 0,13                                | 23                          | 313,0                             | 4,4                                | 3,75                            | 1                           |                              | 29                                | 20                                   |    |
|                           | 19:00                                      | 1,6                          | 96                           | 48                | 0,15                                | 23                          | 313,0                             | 4,4                                | 3,5                             | 1,5                         |                              | 30                                | 20                                   |    |
| 25.11.2                   | 13:00                                      | 1,5                          | 90                           | 45                | 0,14                                | 23                          | 313,0                             | 4,4                                | 9                               | 3,25                        |                              | 30                                | 20                                   |    |
|                           | 14:00                                      | 1,4                          | 84                           | 42                | 0,13                                | 23                          | 313,0                             | 4,4                                | 5,5                             | 2,75                        | 3,6                          | 3,52                              | 30                                   | 20 |
|                           | 15:30                                      | 1,6                          | 96                           | 48                | 0,16                                | 24                          | 300,0                             | 4,2                                | 15                              | 4,5                         |                              | 31                                | 20                                   |    |
|                           | 17:00                                      | 1,6                          | 96                           | 48                | 0,16                                | 24                          | 300,0                             | 4,2                                | 2                               | 3                           |                              | 31                                | 20                                   |    |
|                           | 18:00                                      | 1,3                          | 78                           | 39                | 0,14                                | 25                          | 288,0                             | 4,1                                | 5,5                             | 2,25                        |                              | 31                                | 20                                   |    |
| 28.11.2                   | 17:00                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,22                                | 19                          | 378,9                             | 5,4                                | 4,5                             | 3                           |                              | 24                                | 20                                   |    |
|                           | 18:30                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,22                                | 19                          | 378,9                             | 5,4                                | 3,75                            | 2,5                         |                              | 24                                | 20                                   |    |
| 29.11.2                   | 12:30                                      | 2,6                          | 156                          | 78                | 0,21                                | 19                          | 378,9                             | 5,4                                | 23                              | 8,5                         | 6,56                         | 6,16                              | 24                                   | 20 |
|                           | 14:00                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,22                                | 19                          | 378,9                             | 5,4                                | 19                              | 3,75                        |                              | 24                                | 20                                   |    |
|                           | 15:00                                      | 2,6                          | 156                          | 78                | 0,21                                | 19                          | 378,9                             | 5,4                                | 10                              | 4                           |                              | 24                                | 20                                   |    |
|                           | 16:00                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,22                                | 19                          | 378,9                             | 5,4                                | 11                              | 3,75                        |                              | 24                                | 20                                   |    |
|                           | 17:30                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,22                                | 19                          | 378,9                             | 5,4                                | 9                               | 3                           |                              | 24                                | 20                                   |    |
|                           | 18:30                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,22                                | 19                          | 378,9                             | 5,4                                | 10,5                            | 3,75                        |                              | 24                                | 20                                   |    |

## Продолжение приложения Б.4

| Реагент<br>ПолиДАДМА<br>Х | Расход<br>раствора<br>реагента<br>, мл/мин | Расход<br>реагента<br>, мл/ч | Расход<br>реагента<br>, мг/ч | Доза<br>,<br>мг/л | Расхо<br>д<br>воды,<br>2л t<br>сек. | Расхо<br>д<br>воды,<br>л/ч. | Скорость<br>фильтрации<br>, м/ч | Мутност<br>ь<br>исходная<br>, мг/л | Мутность<br>очищенная<br>, мг/л | ПО<br>исходная<br>, мг O2/л | ПО<br>очищенная<br>, мг O2/л | Пьезомет<br>р до<br>фильтра,<br>м | Пьезомет<br>р после<br>фильтра,<br>м |    |
|---------------------------|--|------------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|----|
| 30.11.2<br>007            | 11:00                                      | 2,2                          | 132                          | 66                | 0,17                                | 19                          | 378,9                           | 5,4                                | 22                              | 4                           | 6,56                         | 6,4                               | 25                                   | 20 |
|                           | 12:00                                      | 2,2                          | 132                          | 66                | 0,17                                | 19                          | 378,9                           | 5,4                                | 70                              | 4,5                         |                              |                                   | 25                                   | 20 |
|                           | 13:00                                      | 2,4                          | 144                          | 72                | 0,20                                | 20                          | 360,0                           | 5,1                                | 45                              | 3,25                        |                              |                                   | 25                                   | 20 |
|                           | 14:00                                      | 2,6                          | 156                          | 78                | 0,22                                | 20                          | 360,0                           | 5,1                                | 12,5                            | 3,5                         |                              |                                   | 25                                   | 20 |
|                           | 15:00                                      | 2,6                          | 156                          | 78                | 0,22                                | 20                          | 360,0                           | 5,1                                | 35                              | 5                           |                              |                                   | 25                                   | 20 |
|                           | 16:00                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,23                                | 20                          | 360,0                           | 5,1                                | 22                              | 2,75                        |                              |                                   | 25                                   | 20 |
|                           | 17:00                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,23                                | 20                          | 360,0                           | 5,1                                | 17                              | 2,75                        |                              |                                   | 25                                   | 20 |
|                           | 18:00                                      | 2,8                          | 168                          | 84                | 0,23                                | 20                          | 360,0                           | 5,1                                | 8,5                             | 2,25                        |                              |                                   | 25                                   | 20 |
| 07.12.2                   | 11:00                                      | 1,2                          | 72                           | 36                | 0,10                                | 19                          | 378,9                           | 5,4                                | 35,5                            | 2,5                         | 6,6                          | 6,16                              | 30                                   | 20 |
|                           | 12:00                                      | 1,2                          | 72                           | 36                | 0,10                                | 19                          | 378,9                           | 5,4                                | 32                              | 2,75                        |                              |                                   | 30                                   | 20 |
|                           | 13:00                                      | 1,1                          | 66                           | 33                | 0,09                                | 19                          | 378,9                           | 5,4                                | 30                              | 2,5                         |                              |                                   | 30                                   | 20 |
|                           | 14:00                                      | 1,1                          | 66                           | 33                | 0,09                                | 19                          | 378,9                           | 5,4                                | 32,5                            | 2,75                        |                              |                                   | 30                                   | 20 |
|                           | 15:00                                      | 1                            | 60                           | 30                | 0,08                                | 19                          | 378,9                           | 5,4                                | 31                              | 2,75                        |                              |                                   | 30                                   | 20 |
|                           | 16:00                                      | 1                            | 60                           | 30                | 0,08                                | 19                          | 378,9                           | 5,4                                | 35                              | 3,5                         |                              |                                   | 30                                   | 20 |
|                           | 17:00                                      | 1                            | 60                           | 30                | 0,08                                | 19                          | 378,9                           | 5,4                                | 37                              | 3,25                        |                              |                                   | 30                                   | 20 |

## ПРИЛОЖЕНИЕ В. АКТЫ И СПРАВКИ О ВНЕДРЕНИИ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТ

### В.1. Акт внедрения результатов диссертационного исследования в учебный процесс

Утверждаю  
директор Академии  
строительства и архитектуры  
«Крымского федерального университета  
имени В.И. Вернадского»



д.т.н., профессор

*С.И. Федоркин*  
Федоркин С.И.  
«7» *сентября* 2015 г.

#### Акт внедрения

Настоящий акт внедрения выдан Котовской Елене Евгеньевне в том, что результаты ее диссертационного исследования на тему «Совершенствование технологии подготовки питьевой воды для обеспечения экологической безопасности системы питьевого водоснабжения в Республике Крым», а именно «Методика определения расчетных доз реагентов ПолиДАДМАХ для удаления взвешенных веществ и органических загрязнений в установках с плавающей фильтрующей загрузкой»; «Методика оценки и прогнозирования изменения качественного состава в источниках централизованного водоснабжения»; «Методика оценки барьерной способности водопроводных очистных сооружений относительно органических загрязнений» внедрены в учебный процесс Академии строительства и архитектуры «Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского» по дисциплинам: «Новые инженерно-технические решения систем водоснабжения и водоотведения»; «Технология очистки природных вод» и используется при проведении лекционных, практических занятий, курсовом и дипломном проектировании».

Зав. кафедрой «Водоснабжения, водоотведения и санитарной техники» д.т.н.

Николенко И.В.

## В.2 Акт внедрения методики определения количества, закупаемых реагентов

Акт о внедрении результатов диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.1.4.  
«Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов»  
старшего преподавателя  
кафедры Водоснабжения, водоотведения и санитарной техники  
института «Академии строительства и архитектуры»  
(структурное подразделение)  
Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского  
Котовской Елены Евгеньевны  
на тему: «Совершенствование технологии подготовки питьевой воды систем  
водоснабжения Республики Крым»

Настоящий акт, составлен о том, что методика определения количества, закупаемых реагентов для водопроводных очистных станций «Петровские скалы» и «Приютное свидание», представленная в диссертационной работе соискателя Котовской Е.Е., принята к внедрению службой снабжения ГУП РК «Вода Крыма» и позволяет ежегодно осуществлять экономию средств на закупку реагентов в размере 699,9 и 364,85 тыс. рублей соответственно.

Начальник отдела  
технологических присоединений  
и гидравлического моделирования  
ГУП РК «Вода Крыма»



С.А. Сафонов

### В.3 Акт внедрения методики оценки барьерной способности водопроводных очистных сооружений по органическим соединениям

Акт о внедрении результатов диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.1.4. «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов» старшего преподавателя кафедры Водоснабжения, водоотведения и санитарной техники института «Академии строительства и архитектуры» (структурное подразделение) Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского Котовской Елены Евгеньевны на тему: «Совершенствование технологии подготовки питьевой воды систем водоснабжения Республики Крым»

Настоящий акт, составлен о том, что методика определения барьерной способности водопроводных очистных сооружений по органическим соединениям позволяет количественно определить значения превышения лимитирующих значений органических соединений в пробах воды водохранилища, определенных по показателю перманганатной окисляемости, превышения лимитирующего показателя в пробах очищенной воды - в резервуарах чистой воды, а также определить эффективность работы водопроводных очистных сооружений по данному показателю, получить прогнозные значения эффективности работы водопроводных очистных сооружений и определить необходимую степень очистки по органическим соединениям в долгосрочной перспективе, принята к внедрению ГУП РК «Вода Крыма».

Начальник отдела  
технологических присоединений  
и гидравлического моделирования  
ГУП РК «Вода Крыма»



С.А. Сафонов



В.4 Акт внедрения методики выбора технологических параметров осветления,  
фильтрования, сорбции

Акт о внедрении результатов диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.1.4. «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов» старшего преподавателя кафедры Водоснабжения, водоотведения и санитарной техники института «Академии строительства и архитектуры» (структурное подразделение) Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского Котовской Елены Евгеньевны на тему: «Совершенствование технологии подготовки питьевой воды систем водоснабжения Республики Крым»

Настоящий акт, составлен о том, что методика выбора технологических параметров осветления, фильтрования и сорбции, представленная в диссертационной работе соискателя Котовской Е.Е., принята к внедрению ГУП РК «Вода Крыма».

Начальник отдела  
технологических присоединений  
и гидравлического моделирования  
ГУП РК «Вода Крыма»



С.А. Сафонов

## В.5 Техническое решение рекомендуемой схемы очистки



295022, Россия, Республика Крым, г. Симферополь, ул. Бородина, 16, тел. +38 (0652) 553-602, факс +38 (0652) 553-603

№ 33

от 30.03.16г.

**Акт о внедрении результатов диссертационной работы**  
старшего преподавателя  
кафедры Водоснабжения, водоотведения и санитарной техники  
Академии строительства и архитектуры (структурное подразделение)  
Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского  
Котовской Елены Евгеньевны

Настоящий акт составлен, о том, что рекомендации по технологической схеме и по расчету и подбору сооружений и оборудования очистки поверхностных вод были приняты к рассмотрению при проектировании водопроводных очистных сооружений для поселка Научный Бахчисарайского района Республики Крым. Вода из Загорского водохранилища, ранее подавалась в населенный пункт без очистки, только обеззараживание, в связи со строительством крупного жилого комплекса, возникла необходимость в его водоснабжении, а качественный анализ состава воды из источника централизованного водоснабжения показал, что вода не соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 по показателю цветность, мутность и общие колиформные бактерии и термотолерантные колиформные бактерии. Рекомендованная схема очистки, составленная на основе экспериментальных исследований диссертационной работы Котовской Е.Е., позволит получить воду, соответствующую требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Рекомендованная технологическая схема позволит получить воду требуемого качества на станции производительностью 500 м<sup>3</sup>/сут.

Директор



Н.А. Ильяшенко

Исп. Рубель Д.А.

Тел. 57-21-41