

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ  
им. Н. ИСАНОВА**

**Диссертационный совет К 05.10. 412**

**На правах рукописи  
УДК 628.543.677(043)**

**Халимов Дильшат Пахретдинович**

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РАБОТЫ ИНФИЛЬТРАЦИОННЫХ  
СООРУЖЕНИЙ  
( НА ПРИМЕРЕ ВОДОЗАБОРА ОРТО-АЛЫШ г. БИШКЕК )**

**Специальность 05.23.04 – Водоснабжение, канализация и  
строительные системы охраны водных ресурсов**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Бишкек – 2011**

**Работа выполнена в Кыргызско-Российском Славянском  
университете им. Б. Ельцина**

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор  
**Абдурасулов И.А.**

**Официальные оппоненты:** доктор технических наук, профессор  
**Мырзахметов М.М.**  
кандидат технических наук  
**Кенжетгаев К.И.**

**Ведущая организация:** ОАО «Кыргызсуудолбоор»

Защита диссертации состоится «7» июля 2011 г. в «16.00» часов на заседании диссертационного совета К 05.10.412 при Кыргызском Государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова по адресу: 720020, г. Бишкек ул. Малдыбаева 34.б, ауд.1/209. Тел./факс: (996-312) 54-51-36; e-mail: madanbekov\_72@mail.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского Государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова.

Автореферат разослан « 6 » июня 2011 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
К 05.10.412, к.т.н., доцент

Маданбеков Н.Ж.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Для водоснабжения г. Бишкек используются подземные грунтовые воды различных гидрогеологических пластов и разделов. Полное удовлетворение потребности города по воде обеспечивается забором воды с помощью трубчатых скважин, которые расположены по всей территории города на 32 водозаборных площадках. В этой ситуации, почти 50 % потребного расхода питьевой воды города обеспечивается Орто-Альшским водозабором с помощью около 120 скважин, за счет подземных грунтовых вод. Этот водозабор расположен с южной стороны г. Бишкек.

В последние годы вокруг г. Бишкек стали появляться и быстро расти многочисленные новостройки. В настоящее время уже имеются 55 новостроек с общей площадью 4.1 тыс.га, что составляет почти четверть всей территории столицы КР.

Эти новостройки не были предусмотрены ранее разработанными и имевшимися генеральными планами и схемами развития столицы Кыргызской Республики. Поэтому их стихийное появление и дальнейший рост вызвали резкий и значительный рост нагрузки на все городские инженерные сети и коммуникации: электрические, газовые, сети водоснабжения и водоотведения и др.

Обеспечение питьевой водой населения новостроек, осуществляется подключением к ближайшим, ранее построенным существующим, городским инженерным сетям водоснабжения и водоотведения. На таких участках водопроводные сети города Бишкек работают под увеличенными нагрузками и систематически наблюдается острая нехватка питьевой воды, как в старой городской застройке, так и вновь появившихся новостройках.

Для обеспечения питьевой водой всех водопотребителей города требуется решить многочисленные вопросы, в первую очередь – увеличение производительности водозаборных сооружений.

Для увеличения производительности водозаборных сооружений города необходимо принять решения по выполнению комплексных инженерно-технических мероприятий направленных на восстановление и увеличение производительности Орто-Альшского водозаборного сооружения. При этом инженерные решения должны быть направлены на : восстановление и увеличение общего объема воды в бассейне подземных вод; подъем статического и динамического уровня подземных вод.

Анализ известных в науке и технике решений в области водоснабжения свидетельствует о том, что эти вопросы могут быть решены искусственным пополнением запасов подземных вод, особенно когда геологические, гидрологические и гидрогеологические условия Байгикского склона, где расположен водозабор, благоприятствуют к этому. Однако, непосредственное использование известных теоретических и практических положений для инженерных сооружений, является не возможным из-за отличия исходных данных для их расчета и условий эксплуатации, а также различных конструкций инфильтрационных (бассейнов) сооружений.

**Актуальность работы** определяется не изученностью инфильтрационных процессов в условиях Орто-Альшского водозабора, отсутствием разработок, исследований и внедрений современной технологии пополнения запасов подземных вод, для удовлетворения требований к надежности работы водозаборных сооружений города и устройств в системе водоснабжения г. Бишкек.

**Объект исследований** – подземные воды Орто-Альшского водозабора, состояние инженерной геологии, гидрологии и гидрогеологии южной части г. Бишкек для интенсификации работы инфильтрационных сооружений.

**Целью диссертационной работы** является анализ, разработка и исследование технологии пополнения запасов подземных вод и интенсификация работы инфильтрационных сооружений с целью увеличения производительности водозабора и обеспечения г. Бишкек и его новостроек водой питьевого качества в нужном объеме.

Для достижения поставленной цели в диссертации решались следующие научные задачи:

- анализ технического состояния системы водоснабжения г. Бишкек и новостроек и обоснование путей решения имеющихся проблем;
- информационный обзор научно-технической литературы по пополнению запасов подземных вод;
- теоретическая и экспериментальная оценка процесса фильтрования воды поступающей в инфильтрационный бассейн;
- разработка математической модели работы зернистого фильтрующего слоя- дна инфильтрационного бассейна;
- оптимизация параметров работы фильтрующего слоя и интенсификации работы инфильтрационного сооружения;
- разработка технологию интенсификации работы инфильтрационных сооружений и ее внедрение для получения питьевой воды, в условиях Орто-Альшского водозабора.

#### **Научная новизна работы:**

- анализ существующего состояния системы водоснабжения г. Бишкек и новостроек и информационного обзора по пополнению запасов подземных вод;
- теоретические и экспериментальные исследования процесса фильтрования речной воды через зернистый фильтрующий слой;
- математическая модель работы зернистого фильтрующего слоя;
- исследование по интенсификации работы инфильтрационных сооружений и технико-экономическое обоснование целесообразности использования разработанной технологии получения питьевой воды в требуемом объеме.

**Практическая значимость** полученных результатов исследований:

- определено современное техническое состояние системы водоснабжения г. Бишкек и новостроек;
- теоретически и экспериментально изучены процесс фильтрования речной

Примечание [M1]:

воды через зернистый фильтрующий слой;

- разработана компьютерная методика проведения математической обработки и графического представления результатов исследований работы инфильтрационных сооружений;
- предложена модернизированная технология пополнения запасов подземных вод Орто-Альшского водозабора г. Бишкек на Байтикском склоне, которая увеличивает запасы подземных вод и обеспечивает получение воды питьевого качества.

**Основные положения, выносимые на защиту:**

- анализ технического состояния системы водоснабжения г. Бишкек и новостроек и литературных источников по пополнению запасов подземных вод;
- теоретические и экспериментальные исследования работы инфильтрационных сооружений и построенная математическая модель работы инфильтрационного бассейна и возможности интенсификации его работы;
- предложенная технология пополнения запасов подземных вод Орто-Альшского водозабора за счет речной воды, которая позволяет получение воды питьевого качества.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы** определяется тем, что изученные физико-химические и технологические показатели оценены с помощью современных методов. В ходе экспериментальных исследований были использованы общепринятые методики, оборудование и приборы. В основу теоретического анализа технологических явлений положены фундаментальные источники позволяющие решать вопросы водоснабжения населенных мест.

**Личный вклад соискателя** при выполнении данной работы характеризуется: согласно цели диссертационной работы решение актуальной проблемы изучения инфильтрационных процессов в условиях Орто-Альшского водозабора и успешное выполнение поставленных задач, проведение теоретических и экспериментальных исследований по интенсификации работы инфильтрационных сооружений, согласно предложенной технологии и рекомендаций.

**Апробация работы.** Основные результаты работы докладывались на: республиканской и международной конференции Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б.Н.Ельцина (2008-2010 гг.); республиканской научно-практической конференции Таджикского технического университета им. акад. М.Осими., г. Душанбе в 2010 г; межвузовской научно-практической конференции Кыргызского Государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им Н.Исанова (2010 г.); научных семинарах кафедры «Инженерные сети и оборудование зданий» КРСУ им. Б.Н. Ельцина.

**Опубликованные результаты исследований.** Основные положения диссертации опубликованы в 8 научно-технических информациях, в

изданиях рекомендованных НАК Кыргызской Республики и в том числе 3 статьи опубликованы единолично.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, основных выводов и заключения. Текстовая часть изложена на 153 стр. компьютерного текста, содержит 30 рисунков, 20 таблиц, список использованных источников из 93 наименований.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации и приведена общая характеристика работы.

**Первая глава** посвящена рассмотрению характеристики поверхностных и подземных водных ресурсов Кыргызской Республики. Даны количественные и качественные показатели водных ресурсов. Рассмотрены вопросы использования поверхностных и подземных водных ресурсов Кыргызской Республики для различных целей. Проведен анализ и обоснована возможность использования объемов воды поверхностных водотоков Кыргызской Республики для целей искусственного пополнения запасов подземных вод.

Установлены основные проблемы системы водоснабжения г. Бишкек по нехватке питьевой воды:

- резкий рост нагрузки на городские водопроводные сети с учетом незапланированного роста населения в новостройках;
- отсутствие свободных мест и площадей на территории существующих городских водозаборных сооружений для увеличения их мощности;
- отсутствие финансовых средств на строительство новых и реконструкцию существующих водозаборных скважин.

В сложившихся условиях одним из наиболее оптимальных путей по увеличению производительности Орто-Альшского водозабора г. Бишкек является использование метода искусственного пополнения запасов подземных вод (ИПЗПВ).

Применение метода ИПЗПВ является комплексным использованием водных ресурсов, потому что такие мероприятия позволяют одновременно решать ряд вопросов, такие как: увеличение производительности существующих скважинных водозаборов так; восстановление и улучшение состояния запасов подземных вод; подъем статического уровня подземных вод, что в свою очередь улучшит условия работы погружных электронасосов типа ЭЦВ; уменьшает расход электроэнергии на подъем воды; увеличит срок службы водозаборных сооружений и др.

Вопросами искусственного пополнения запасов подземных вод широко занимаются исследователи в странах СНГ и в странах дальнего зарубежья. В этом направлении в Российской Федерации, Украине, странах Прибалтики

наиболее известны работы профессоров: Плотникова Н.А., Бочевера Ф.М., Бурчак Т.В., Спрогис Я.Я. и др.

Первые сооружения ИПЗПВ были построены в России в 1891 г. Арзамас. В настоящее время для увеличения производительности водозаборов используются бассейны, каналы, площадки, затопленные поймы и другие искусственные и естественные емкости, способствующие переводу поверхностного стока в подземный. Такие сооружения применены на водозаборах г. Асбест, Новокузнецк, Красноярск, Камск и др.

В странах Центральной Азии и Казахстана также используют данный метод. В Казахстане сооружения ИПЗПВ были использованы в ряде районов бывшей Целиноградской области, в последнее время проведены научные работы по применению данного метода на водозборных сооружениях г. Шымкент. В Республике Узбекистан сооружения ИПЗПВ использованы на Кибралайском водозборе- 5 инфильтрационных бассейнов площадью 1180 м<sup>2</sup> увеличили производительность водозабора на 60-70 %.

В литературе имеется информация, которые свидетельствуют о том, что Абдурасулов И.А. (Кыргызстан), Мырзахметов М.М. (Казахстан), Хасанов А.С. (Узбекистан) рекомендуют использовать ИПЗПВ в условиях горной и предгорной зоны. Однако, работы этих исследователей посвящены только предположению и изложению различных аспектов ИПЗПВ как общие схемы и использованию сооружений ИПЗПВ в генеральных схемах развития и размещения производительных сил и схемах развития систем водоснабжения на перспективу.

В данной диссертационной работе рассмотрены вопросы практического состояния, теоретические и экспериментальные исследования оптимизация и интенсификация работы инфильтрационных бассейнов в условиях Орто-Альшского водозабора Кыргызстана.

**Вторая глава** рассматривает вопросы обоснования, выбора и использования искусственного пополнения запасов подземных вод. Даны их типы, конструкции и параметры инфильтрационных бассейнов как наиболее часто применяемых сооружений.

Основные элементы сооружений ИПЗПВ приведены на рис. 1.

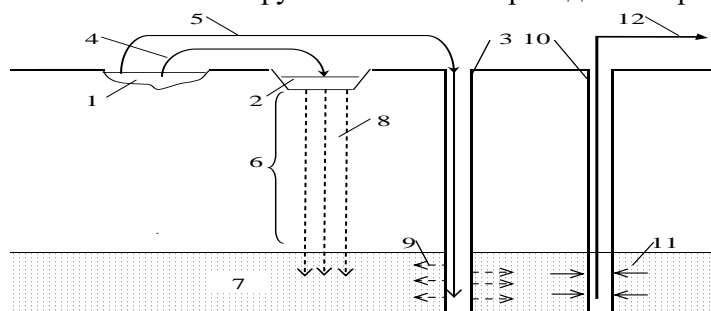


Рис 1. Элементы сооружений искусственного пополнения запасов подземных вод.

- 1- поверхностный водоем (река, озеро, водохранилище); 2-инфильтрационный бассейн; 3-поглощающая скважина; 4- схема подачи воды в инфильтрационный

бассейн; 5- схема подачи воды в поглощающую скважину; 6- зона аэрации; 7- водоносный слой; 8- схема инфильтрации воды из инфильтрационного бассейна; 9- схема инфильтрации воды из поглощающей скважины; 10- водозаборная скважина; 11-схема поступления подземной воды в водозаборную скважину; 12- подача воды водопотребителю Q э. отб.

В схемах сооружений ИПЗПВ выделяется 2 участка воды :

- 1) источник водоотбора для ИПЗПВ (поверхностный водоем 1, рис 1)) или место откуда забирается часть поверхностного стока для подачи его на сооружения ИПЗПВ с дальнейшего перевода этой поверхностной воды в подземные воды;
- 2) участок восполнения (водоносный горизонт 7 , рис 1) или место куда подается поверхностная с целью пополнения запасов подземных вод.

Использование метода искусственного пополнения запасов подземных вод позволяет:

- увеличивать производительность водозаборов подземных вод; обеспечивать более равномерную их эксплуатацию; улучшить качество воды , подаваемой в инфильтрационные бассейны; предохранять эксплуатируемый водоносный горизонт от загрязнения и засоления; предотвращать, нежелательное понижение уровня подземных вод; приводящее к гибели растительности, высыханию водоемов и т.д.

При проведении мероприятий по искусственному пополнению запасов подземных вод проводят сложный комплекс инженерно-технических обоснований, основными из которых являются следующие:

- гидрологическое обоснование; - гидрогеологическое обоснование;
- инженерно-геологическое обоснование; -техническое и технологическое обоснование; -техничко-экономическое обоснование.

Грунты основания инфильтрационных бассейнов сложены гравийно-галечниковыми грунтами, с частичными прослойками глин, песка и удовлетворяют условиям использования ИПЗПВ. Климат резко-континентальный со значительным колебанием годовых и суточных температур.

Средняя продолжительность безморозного периода 180 дней. Температура поверхности почвы колеблется от – 13°С и 0 °С до + 34°С.

Инженерно-геологические, гидрогеологические и гидрологические условия района водозабора Орто-Алыш соответствуют условиям использования метода ИПЗПВ. Климатические условия площадки строительства не суровые, реки Ала-Арча и Аламедин не имеют зимой полного ледяного покрова и использование инфильтрационных бассейнов возможно круглый год. Территория водозабора Орто-Алыш является охранной зоной и этим обеспечивается высокая санитарно-эпидемиологическая надежность и экологическая безопасность проектируемых мероприятий по ИПЗПВ.

Топографические условия района строительства позволяют применить высотную схему компоновки сооружений ИПЗПВ и сооружений предварительной водоподготовки работающей за счет естественного перепада местности. Расположение площадки водозабора Орто-Алыш выше



территории г. Бишкек на 40-50 м позволяет подавать воду потребителям за счет естественного напора в сети без использования водоподъемных устройств, что обусловит низкую себестоимость питьевой воды.

Для выполнения выше изложенных требований необходимо выполнение теоретических и экспериментальных исследований по оценке процесса фильтрования воды, поступающей в инфильтрационный бассейн.

В третьей главе приведены результаты экспериментальных исследований проведенных с целью рассмотрения механизма фильтрования природных вод через дно инфильтрационного бассейна и рассмотрение процесса кольтматации дна инфильтрационного бассейна.

При фильтровании обрабатываемой воды через дно инфильтрационного бассейна, идет за счет фильтрования через породы слагающие поверхность поверхности дна инфильтрационного бассейна и процесс естественной очистки при прохождении природной воды через горные инженерно-геологические породы лежащие от дна инфильтрационного бассейна до водоносного горизонта.

При этом ход фильтрования характеризуется следующей кривой.

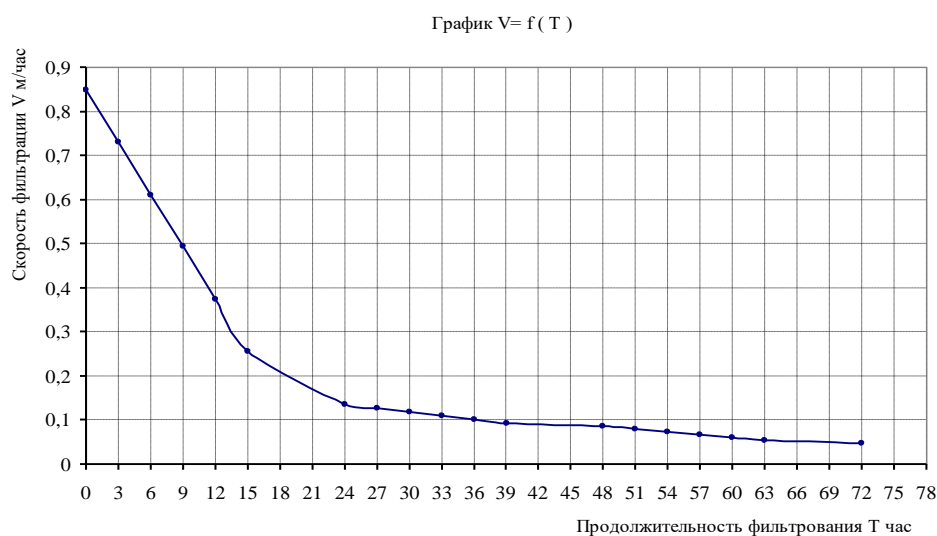


Рис.2. Зависимость скорости фильтрования от времени фильтрования

По графику скорость фильтрования быстро падают от 0,85 м/час (20,4 м/сут) до 0,136 м/час (3,2 м/сут) за 24 часа фильтрования. После образования пленки на поверхности дна,  $V_f$  станет 0,002-0,004 м/сут /56/. С целью интенсификации работы бассейна необходимо провести мероприятия, которые позволили бы поддерживать скорость фильтрования на уровне 0,2-0,3 м/час (4,8-7,2 м/сут). Основная причина снижения  $V_f$  кольтматация дна. С целью изучения данного процесса был рассмотрен вопрос проникновения

фракций различных мелких и пылеватых частиц, содержащихся в составе взвешенных веществ, обуславливающих мутность природной воды, на ту или иную глубину дна бассейна при их фильтровании через инфильтрационный бассейн. Результаты эксперимента отражены на рис. 3. По результатам исследований в дно бассейна проникает до 10 % проникает пленка мелких и пылеватых частиц, следовательно на поверхности задерживается 80-90 % взвесей содержащихся в речной воде. Со временем пленка и эти 80-90 % задержанных взвесей, резко снижают  $V$  ф бассейна и производительность его падает. При работе таком режиме кпд  $\eta$  сооружений составляет 40-60 %.

С целью интенсификации предлагается эти 80-90 % взвесей задерживать на песчаном фильтре и уже предварительно, осветленную от взвешенных веществ, воду подавать в инфильтрационный бассейн.

При изменении степени кольматации, коэффициент фильтрации меняется иногда в 5-10 раз. Этим объясняется важность изучения данного процесса. За счет этих мер  $\eta$  инфильтрационного бассейна можно увеличить до 65-70%. Коэффициент полезного действия инфильтрационных сооружений зависит и от режима эксплуатации, поэтому нами рассмотрены схемы эксплуатации. Нами рекомендуется режим эксплуатации при котором  $q = \text{const}$ , т.к. при нем инфильтрационный расход постоянный и водозаборные скважины работают в наиболее оптимальном режиме и кпд всей системы ИПЗПВ будет максимальным. За счет изменения режима эксплуатации было достигнут рост  $\eta$  на 6-8 %. Таким образом общий рост  $\eta$  может составить 12-19 %.

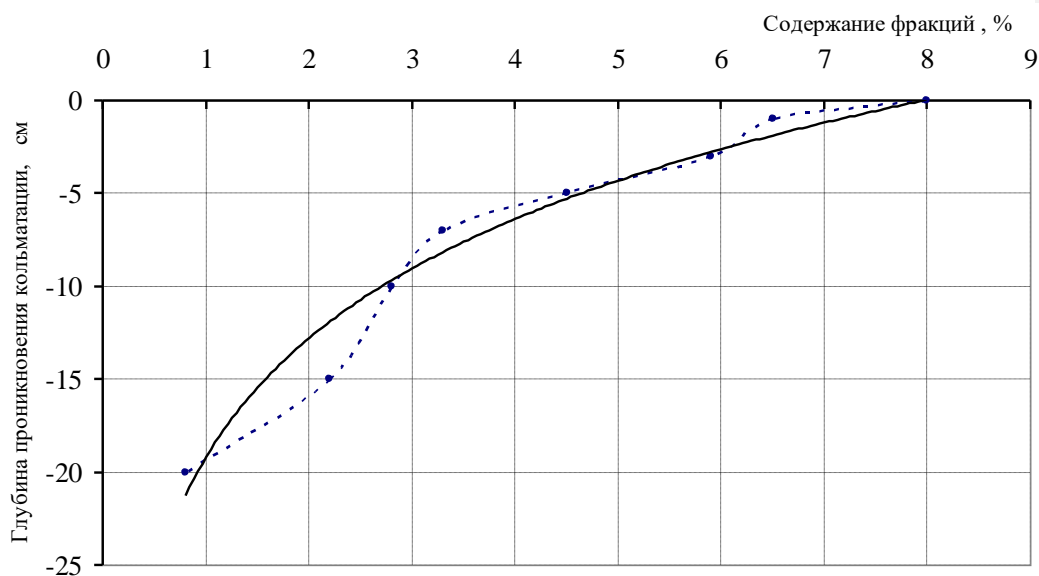


Рис 3. Зависимость суммарного содержания частиц кольматации в % по глубине загрузки в см.

**Четвертая глава** посвящена теоретическим и экспериментальным исследованиям теории фильтрования профессора Д.М. Минца для

фильтрации малоцентрированных суспензий через зернистый фильтрующий слой; теоретических предпосылок по оценке работы дна совершенного инфильтрационного сооружения и интенсификации режима их работы.

Эффект осветления воды каждым элементарным слоем загрузки следует рассматривать как суммарный результат двух противоположных процессов:

- 1) процесс прилипания и закрепления частиц примесей из воды на зернах загрузки и таким образом их изъятие из воды; параметр  $b$  - характеризует интенсивность прилипания частиц примесей к зернам загрузки;
- 2) процесс отрыва ранее прилипших частиц под влиянием гидродинамических сил потока и обратного поступления их в воду; параметр  $a$  - характеризует интенсивность отрыва ранее задержанных частиц;
- 3)  $a/b$  - характеризует скорость проникновения отложений в глубь загрузки, и определяются по формуле

$$\frac{a}{b} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{K}, \quad (1)$$

где:  $\operatorname{tg} \alpha$  — тангенс угла наклона прямой, определяется технологическим моделированием процесса фильтрации;

$K$  — коэффициент, значение которого так же, как и значение  $X_0$ , зависит только от величины  $C_i/C_0$ .

Задерживающая способность загрузки зависит от крупности ее фракций. Чем крупнее фракции, тем больше размеры пор, меньше удельная контактная поверхность и ниже задерживающая способность, и тем равномернее распределяются загрязнения в толще загрузки. На рис.4 указан механизм работы слоев фильтра при его работе и глубина проникновения загрязнений.

Накопление осадка в данном слое фильтрующего материала может длиться только до состояния полного насыщения, после чего он перестает задерживать загрязнения. С уменьшением роли первых по ходу воды слоев возрастает значение следующих, и толщина слоя загрузки, не участвующего в процессе задержания загрязнений, увеличивается. Наконец, наступает момент, когда толщина сохраняющей работоспособность загрузки уже недостаточна и качество фильтрата ухудшается. Используя данную модель нами было проведено технологическое моделирование процесса фильтрации с целью определения параметров фильтрации речной воды используемой на водозаборе Орто-Альш.

Методика проведения технологического моделирования процесса фильтрации

- отбор проб воды пробоотборниками из различных глубин (слоев) фильтрующей загрузки через равные промежутки времени;
- определение концентрации взвеси проб из различных глубин (слоев) фильтрующей загрузки в разрезе времени;

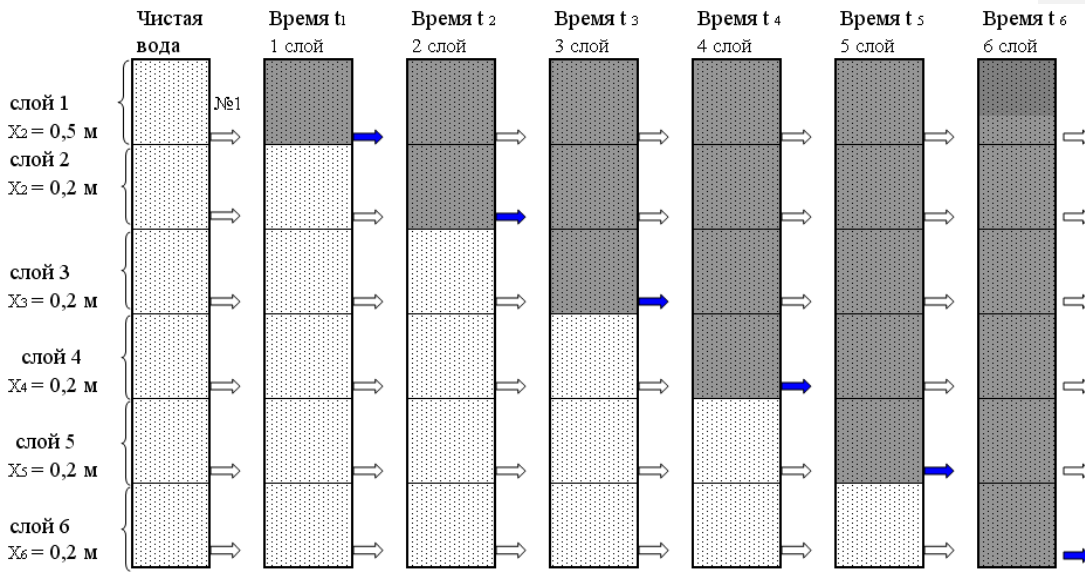
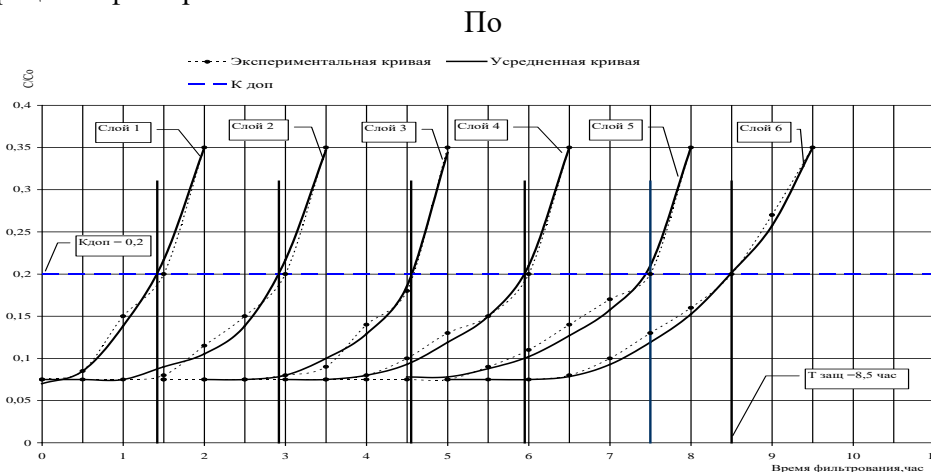


Рис.4. Схема механизма работы песчаного фильтра

- построение графика изменения относительного изменения концентрации взвеси проб  $C_i / C_{исх}$  по времени  $T$  для различных слоев фильтрующей загрузки («выходные» графики для слоев загрузки фильтра)
- где  $C_i$  – мутность воды  $C_i$ -той пробы в данном пробоотборнике,  $C_{исх}$  – начальная или исходная мутность воды;  $T$  – время фильтрования.
- Построение суммарного («выходного» графика изменения относительного изменения концентрации взвеси  $C_i / C_{исх}$  в зависимости от времени  $T$ . По графику (рис.5)  $T_{защ} = 8,5$  час. Затем было определено время достижения предельного напора  $T_{нап}$ . Для этого были построены график прироста потери напора. На графике по полученным опытным точкам проводится усредненная прямая, которая позволяет определить нам нужные параметры процесса фильтрования  $b$  и  $a$ .

Примечание [M2]: Время д.б.т

Рис. 5. Суммарный график и определение времени  $t_{защ}$

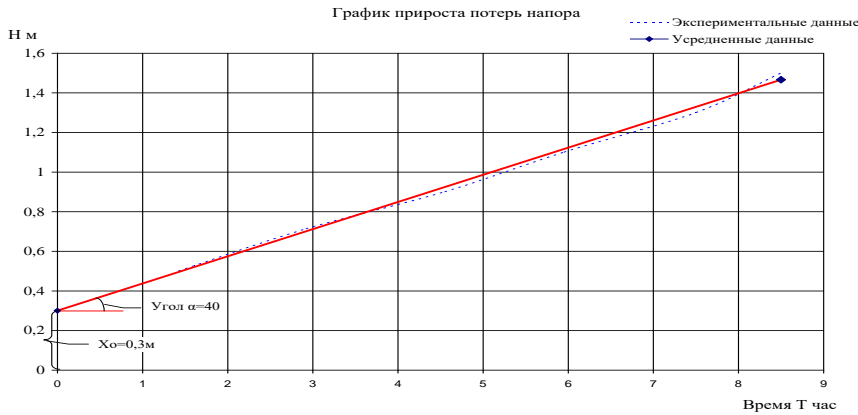


Рис 6. Зависимость прироста потери напора от времени T фильтрации

Из графика определяются величины  $X_0=0,3$  м и угол  $\alpha=40^\circ$ . Используя эти данные нами определены параметры фильтрования а и b. Затем вычислено теоретическое время  $t_{защ}$

$$t_{защ} = \frac{1}{K'} \left( \frac{x}{V^{1.7} * d^{0.7}} - \frac{X_0 * d}{V} \right) \quad (2)$$

где:  $t_{защ}$  - время (продолжительностью) защитного действия загрузки;  $K'$  - коэффициент определяемый экспериментально при технологическом моделировании процесса фильтрования;  $x$ -толщина слоя фильтрующей загрузки;  $X_0$ - величина определяемая экспериментально при технологическом моделировании процесса фильтрования;  $V$ - скорость фильтрования;  $d$  – диаметр зерен загрузки фильтрующего материала.

Расхождение между  $t_{защ}$  определенное по графику и по формуле составило 3,5 % что объясняется отклонениями которые могут иметь место при построении графиков и допустимо для инженерно-технических расчетов. По результатам построения графика пророст потерь напора вычисляется

$$t_{нап} = \frac{H_{пр} - H_0 * F(A)}{H_0 * F(A)} \frac{a}{b} x \quad (3)$$

где:  $t_{нап}$  – время достижения предельной потери напора;  $H_{пр}$ - предельно допустимая потеря напора, определяемая высотной характеристикой фильтровального сооружения;  $H_0$ - начальная потеря напора;  $F(A)$ - функция учитывающая предельно возможную в данных условиях насыщенность порового пространства загрузки отложениями; а – параметры фильтрования характеризующий интенсивность отрыва ранее задержанных частиц; b- параметры фильтрования характеризующий интенсивность прилипания частиц примесей к зернам загрузки;  $x$ - толщина слоя фильтрующей загрузки.

Оптимальное соотношение между  $t_{защ}$  и  $t_{нап}$  составляло

$$K_{зан} = \frac{t_{защ}}{t_{нап}} = \frac{14,6}{12} = 1,2. \quad (4)$$

Выше было отмечено, что процесс фильтрования воды, содержащей примеси в виде взвеси, через зернистую загрузку фильтров описывается двумя основными уравнениями. Одно из них определяет продолжительность защитного действия загрузки  $t_{\text{защ}}$ , т. е. время, в течение которого данная загрузка способна осветлять воду до заданной степени очистки, другое определяет время  $t_{\text{нап}}$  в течение которого достигается предельная потеря напора. В общем виде в зависимости от конкретных значений величин входящих в эти уравнения между этими двумя параметрами  $t_{\text{защ}}$  и  $t_{\text{нап}}$  могут быть 3 различных вида соотношений, которые по разному предопределяют общую продолжительность работы фильтрационных сооружений, степень использования защитного слоя и располагаемого свободного напора и причины выключения их из работы на очистку и промывку.

При решении практических задач те или иные соображения могут определять порядок расчета оптимизации. Так, при интенсификации действующих сооружений может быть дана скорость фильтрования, которая обеспечивает желательное увеличение производительности фильтров. При проектировании новых фильтров правильнее задаться гранулометрическим составом загрузки на основании ситового анализа песка в ближайших к месту строительства фильтров карьерах. И затем выяснив гранулометрический состав загрузочного материала, определяют необходимую толщину загрузки и скорость фильтрования.

Ранее до использования компьютерной техники скорость фильтрования и параметры загрузки рассчитывали по методу постепенного приближения. Так, если требовалось определить скорость фильтрования и толщину слоя загрузки при заданном ее гранулометрическом составе, необходимо было сначала задаться некоторым произвольным значением скорости, а затем по известным формулам вычислить толщину слоя загрузки  $x$ . Далее из формулы определяли продолжительность защитного действия  $t_{\text{защ}}$ . Если найденное значение  $t_{\text{защ}}$  не соответствовало заданному для оптимального режима работы фильтра  $K_{\text{защ}}$ , то принимали другую скорость фильтрования. Вычисления повторяли до тех пор, пока не была получена требуемая продолжительность защитного действия. Нами предложены расчетные таблицы в среде MS Excel, которые позволяют полностью автоматизировать этот процесс и получать очень просто требуемые решения.

Например, по заданному времени  $t_{\text{нап}}$  можно, используя таблицы в среде MS Excel, вычислить высоту слоя загрузки  $X$ . Далее используя найденную величину при заданной скорости фильтрования  $V$  и высоте слоя загрузки  $X$  определить  $t_{\text{защ}}$  и установить соотношение между  $t_{\text{защ}}$  и  $t_{\text{нап}}$  на предмет их соответствия нормативам СНиП.

**Пятая глава** посвящена разработке методики расчета инфильтрационных сооружений, рассмотрению предложенной технологии схемы интенсификации работы ИПЗПВ на водозаборе Орто-Альш (рис.6). Включение скорого фильтра и подача воды необходимого качества в инфильтрационные бассейны даст позволит достичь:

- повышение качества воды подаваемой в инфильтрационные бассейны ;
- снижение мутности улучшит условия фильтрации воды через дно инфильтрационных бассейнов и повысится скорость фильтрации;
- повышение скорости фильтрации увеличит производительность работы инфильтрационных бассейнов и приведет к более быстрому росту запасов подземных вод при проведении мероприятий по ИПЗПВ;
- фильтрация улучшает и другие органолептические и санитарно-бактериологические показатели качества воды подаваемой в подземные горизонты.

Приведенные результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований позволили разработать методику расчета сооружений ИПЗПВ- инфильтрационных бассейнов.

При проектировании инфильтрационных бассейнов его расход может прогнозироваться и рассчитываться следующим образом :

- по аналогии с уже построенными и действующими установками сооружений искусственного пополнения запасов подземных вод;
- путем расчетов по теоретическим формулам.

Первый способ требует использования данных, полученных при длительной эксплуатации установки, сходной с вновь проектируемой по факторам, влияющим на величину расхода бассейна, а также по качеству воды источника восполнения, по общей схеме предварительной подготовки воды, по нагрузке днища сооружения, по свойствам подстилающего его грунта и т. д.

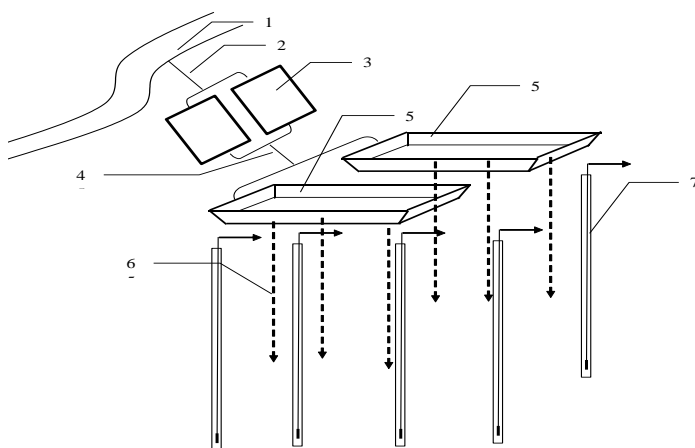


Рис. 7. Разработанная технология для интенсификации работы инфильтрационных бассейнов

- 1- река Аламедин;
- 2- канал подачи воды на фильтры;
- 3- фильтры;
- 4- трубопровод для подачи воды в инфильтрационный бассейн;
- 5- инфильтрационные бассейны;
- 6- инфильтрация поверхностных вод в подземные водоносные горизонты ;
- 7- водозаборные скважины.

Расчеты расхода бассейнов выполняют по зависимостям, полученным на основе решения соответствующих теоретических фильтрационных задач.

Используя выражения; Динамику формирования илистой пленки дна бассейна следует использовать следующее выражение

$$d\delta = 20q dt/\gamma_{ск} \quad (5)$$

А скорость инфильтрации следует определять с помощью

$$q = 1.8 K_{п}/\delta \quad (6)$$

В остальных расчетах нужно руководствоваться приложением к СНиП 2.04.02-84.

Экономический анализ при проектировании систем ИВПВ осуществляют путем сравнения стоимости сооружений и мероприятий проводимых в рамках ИПЗПВ для восстановления или повышения производительности водозаборных сооружений базируемых на использовании подземных вод по сравнению с другими вариантами направленными на увеличение мощности источников водоснабжения (бурение новых скважин, реконструкция, расширение или добурирование существующих скважин, использование поверхностных водозаборных сооружений и др.). Кроме того, проводят экономический анализ и технико-экономическое сравнение и анализ сравнения стоимости отдельных элементов системы ИВПВ, например различных вариантов отстойников или отстойника и фильтра.

В качестве основного экономического показателя для сравнения различных вариантов согласно «Типовой методике определения экономической эффективности капитальных вложений» были приняты приведенные затраты.

На участке водозабора Орто-Альш используются насосы ЭЦВ 120-160х65. Подача этих насосов 160 м<sup>3</sup>/час или 0,044 м<sup>3</sup>/сек и высота подъема 65 м.

Незначительный размер среднегодовой экономии средств по одной скважине, расходуемой на оплату электроэнергии потребляемой погружными насосами, объясняется что после проведения мероприятий по ИПЗПВ в части определения стоимости электроэнергии проявляются два противоположных фактора, суммарное воздействие которых и определяет конечный результат:

- 1) при повышении уровня воды в скважине уменьшается расход потребляемой насосами электроэнергии за счет уменьшения высоты подъема воды, т.е. отмечается уменьшение издержек или экономия средств экономия средств;
- 2) при повышении расхода воды в скважине увеличивается расход потребляемой насосами электроэнергии за счет увеличения объема поднимаемой воды, т.е. отмечается увеличение издержек или перерасход средств.



В нашем технико-экономическом расчете необходимо учесть также дополнительные расходы по 2 варианту связанные со строительством и эксплуатацией скорого фильтра.

В нашем рассматриваемом расчете мы имеем два потока денежных средств:

- 1) ежегодные оттоки (заработная плата) в размере 468 000 сом;
- 2) разовый отток финансовых средств на строительство скорого фильтра в размере 320 000 сом.

При расчете потоков единовременные расходы (капитальные вложения на строительство скорых фильтров) которые будут окупаться в течение длительного временного периода необходимо привести к годовым расходам. С учетом этого ежегодные финансовые вложения составят

$$KB \text{ год} = KB \text{ общ} \times E_n, \quad (7)$$

где KB общ- общие капитальные вложения, сом;

KB год – капитальные вложения приведенные к одному году, сом;

$E_n$ - нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, для систем водоснабжения  $E_n=0,12$ .

$$KB \text{ год} = 320\,000 \text{ сом} \times 0,12 = 38\,400 \text{ сом}$$

Общие ежегодный отток денежных средств на эксплуатацию и сооружение скорого фильтра равен:

$$408\,000 \text{ сом} + 38\,400 \text{ сом} = 446\,400 \text{ сом}$$

Приток денежных средств по 2 варианту (с учетом расходов на электроэнергию) составляют ежегодный дополнительный доход в размере 510 182 сом. Следовательно чистый приток денежных средств, определенных с учетом нормативного коэффициента эффективности капитальных вложений, принятым  $E_n=0,12$ , равен 63782 сом.

### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ технического состояния системы водоснабжения г. Бишкек и новостроек выявил ряд проблем, из которых необходимо, в первую очередь, решить вопрос увеличения производительности водозаборных сооружений на 30-40 %.
2. Современные достижения науки и техники позволяют использовать искусственное пополнение запасов подземных вод, в частности совершенные инфильтрационные бассейны.
3. В результате теоретических и экспериментальных исследований процесса фильтрования воды поступающей в инфильтрационные бассейны определены параметры «а» и «b» в предварительном фильтре и расчетная скорость фильтрования рекомендуется в пределах 5-6 м/час
4. Разработана математическая модель работы зернистого фильтрующего слоя, позволяющая использовать компьютерную технологию для обработки экспериментальных результатов технологического моделирования фильтрования малокоцентрированных суспензий; для условий Орто-Альшского водозабора рекомендованы:  $x=2,64 \text{ м}$  ;  $a= 6 \text{ м}^{-1}$ ;  $b=3,7$  ;  $T \text{ защ} = 14,6$  ;  $K \text{ зап} = 1,2$ .

5. Интенсификация работы инфильтрационных сооружений обеспечивается в результате:
- использования сооружений для предварительной обработки воды , подаваемой в инфильтрационные сооружения, т.е. предварительного зернистого фильтра;
  - поддержание высокой скорости фильтрования природной воды через дно инфильтрационных бассейнов;
  - увеличение продолжительности работы инфильтрационных бассейнов или времени фильтроцикла Тцик;
  - оптимизации работы предварительных зернистых фильтров и поддержание режима работы, который обеспечивает максимальную скорость фильтрования воды - не менее 5,6 м/час;
  - поддержание высокого уровня коэффициента полезного действия сооружений искусственного пополнения запасов подземных вод (не менее 0,72).
6. Результаты теоретических и экспериментальных исследований по интенсификации работы инфильтрационных сооружений позволили разработать технологию искусственного пополнения запасов подземных вод Орто-Альшского водозабора. Использование рекомендованной технологии позволяет увеличить производительность водозабора в 1,4 раза.
7. Для практической реализации результатов диссертационной работы , на других объектах Кыргызстана, разработана методика расчета рекомендованных сооружений – согласно п. 6.
8. Техничко-экономический анализ и обоснование перспектив использования разработанной технологии ИПЗПВ в Кыргызской Республике обеспечивает получение экологического эффекта и позволяет сохранить существующую экологическую ситуацию в районах размещения инженерных сетей и сооружений системы водоснабжения г. Бишкек.

#### **Список опубликованных работ по теме диссертации**

1. Абдурасулов А.И., Халимов Д.П., Керимбаева Р.Т., Абдылдабеков К.Т. Изучение системы водоснабжение и водоотведение оздоровительных комплексов Известия КГТУ им.И.Раззакова №19. – Бишкек: Текник, 2009.- С.285-289.
2. Абдылдабеков К.Т., Халимов Д.П. Водоснабжения предприятий легкой промышленности. Известия КГТУ им.И.Раззакова №19. – Бишкек: Текник, 2009.- С.289-С.292.
3. Халимов Д.П., Абдурасулов А.И., Абдылдабеков К.Т. Проблемы водоснабжения г. Бишкек. Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной «Году образования и технической культуры» и 50-летию кафедры «Водоснабжение и

- водоотведение» факультета Строительства и архитектуры ТТУ им. акад. М.Осими. - Душанбе: ООО «Хирад», 2010.- С.16 - 19.
4. Абдурасулов И.А., Халимов Д.П. К вопросу фильтрации природных вод при искусственном пополнении запасов подземных вод. Материалы республиканской научно-практической конференции, посвященной «Году образования и технической культуры» и 50-летию кафедры «Водоснабжение и водоотведение» факультета Строительства и архитектуры ТТУ им. акад. М.Осими. - Душанбе: ООО «Хирад», 2010. - С.19-26.
  5. Халимов Д.П. Особенности водоснабжения города Бишкек. Научный журнал Казахского национального аграрного университета №3 (047). – Алматы: КазНАУ, 2010.- С.213-С.216.
  6. Халимов Д.П., Абдурасулов И.А., Осмонов Ж.И. К вопросу водоснабжения новостроек города Бишкек. Научный журнал Казахского национального аграрного университета №3 (047).–Алматы: Алматы,КазНАУ, 2010. - С.216-219.
  7. Халимов Д.П. Использование инфильтрационных бассейнов в Кыргызской Республике . Вестник КГУСТА №4 (30), Бишкек: КГУСТА, 2010.-С.72-75
  8. Халимов Д.П. Режимы работы инфильтрационных бассейнов. Вестник КГУСТА №4 (30), Бишкек: КГУСТА, 2010.-С.76-79

### **Корутунду**

**Халимов Дильшат Пахретдинович**

**Инфильтрациялык курулмалардын интенсификациялык иштери**  
(Бишкек шаарындагы Орто-Альш суу тоскуч курулмасынын мисалында)

Техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын  
алуу үчүн жазылган

05.23.24- Суу менен камсыздоо, канализация жана суу ресурстарын  
коргоонун курулуштук системалары.

**Ачык сөздөр:** Суу тоскуч курулма, суу бассейни, суу кыртышынын деңгээли, технологиялык моделдөө, чыпка курулма, жер астындагы суулардын деңгээли.

Диссертациялык иш жер алдындагы суунун запасын жасалма жол менен толтурууга арналган.

Теоретикалык жана эксперименталдык изилдөөлөрдүн технологиялык модельдери филтрлөөнүн «а» жана «б» параметрлеринин эсептерин чыгарууга оптималдуу мүмкүнчүлүк берген.

Жер алдындагы суулардын запасын жасалма жол менен толтурууда технико-экономикалык эсептөөлөр иштелип чыккан.

Диссертациядагы изилдөөлөрдүн натыйжасынын жыйынтыктары өндүрүштө пайдаланууга сунушталган.

Диссертациянын сунушталган жыйынтыктары Орто-Альш суу тоскуч курулмаларынын инфильтрациялык бассейндеринин өндүрүшүн жогорулатат жана Бишкек шаарын ошондой эле жаны конуштардагы суу менен касыздөөнү өркүндөтөт.

## РЕЗЮМЕ

### **Халимов Дильшат Пахретдинович**

#### **Интенсификация работы инфильтрационных сооружений**

( на примере водозабора Орто-Альш г. Бишкек )

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук  
специальность 05.23.04 – Водоснабжение, канализация и строительные  
системы охраны водных ресурсов

**Ключевые слова:** искусственное пополнение запасов подземных вод,

инфильтрационный бассейн, водозаборная скважина, уровень подземных вод, поверхностные и подземные воды, технологическое моделирование, фильтрование, прилипание и отрыв части примесей, оптимизация работы фильтра, новостройка.

Диссертационная работа посвящена использованию метода искусственного пополнения запасов подземных вод на Орто-Альшском водозаборе г. Бишкек. В диссертации приведены результаты рекогносцировочных, теоретических и экспериментальных исследований по интенсификации работы инфильтрационных сооружений на примере Орто-Альшского водозабора г. Бишкек.

Выполненные теоретические и экспериментальные исследования по технологическому моделированию процесса фильтрования мало концентрированных суспензий, позволили установить значения параметров фильтрования «а» и «b» и провести расчеты по оптимизации работы зернистых фильтров, которые используются для предварительного осветления речной воды перед инфильтрационным бассейном.

Изучены имеющиеся теоретические вопросы и результаты экспериментальных исследований по интенсификации работы инфильтрационных сооружений в условиях Орто-Альшского водозабора г. Бишкек

Результаты исследований приняты к внедрению. Использование результатов исследований позволит интенсифицировать работу инфильтрационных бассейнов на водозаборе Орто-Альш и увеличить подачу воды в г. Бишкек и новостройки и улучшить в целом работу системы водоснабжения столицы Кыргызской Республики.

**RESUME****Halimov Dilshat Pahretdinovich****Intensification of Infiltrational Basins Work**

(by way of example Bishkek's Orto-Alysh water intake ).

Key words: artificial recharge of ground water, infiltrational basin, water intake well, underground water level, surface and underground waters, technological modeling, filtration process, adhesion and liftoff, filtration process optimization, newly built residential communities

05.23.04 - Water Supply, Sewerage, construction systems of water resources protection.

Dissertation work is devoted to using of artificial recharge of ground water resources. In the Dissertation results of researches of Intensification of Infiltrational Basins Work are given.

Technological modeling of filtration process theoretical and experimental researches conducted and determined filtration parameters «a» and «b» and filter process optimization have been done. The technical-and-economical efficiency of the artificial recharge of ground water project feasibility are given.

The achieved results of the of the experimental research have been recommended for implementation in the manufacturing. Using of Dissertation work results allow to enhance the efficiency of the infiltrational basins work at the Orto-Alysh water intake and increase the water supply to Bishkek and newly built residential communities and improve the performance of the water supply system of the Kyrgyz Republic capital.