

2009-72

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

Диссертационный совет К 05.07.360

На правах рукописи
УДК 628.16.066.1/067(043.3)

Абдурасулов Айбек Илимидинович



**Исследование фильтровальных характеристик песка
Ивановского карьера для питьевого и промышленного
водоснабжения**

**Специальность 05. 23. 04- Водоснабжение, канализация и
строительные системы охраны водных ресурсов**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Бишкек – 2009

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Работа выполнена в Кыргызском Государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова, на кафедре «Водоснабжение и водоотведения»

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент
Каримов Т.Х.

Официальные оппоненты: - доктор технических наук, академик
Национальной Инженерной академии
Республики Казахстан и Международной
Инженерной академии, профессор
Мырзахметов М.М.

- доктор технических наук, чл.-корр.
Инженерной академии КР
и.о. профессора **Асанов А.А.**

Ведущая организация: Кыргызский научно - исследовательский
и проектный институт сейсмостойкого
строительства Госагентство по архитек-
туре и строительства при Правительстве
Кыргызской Республики

Защита диссертации состоится « 26 » июня 2009 г. в 14⁰⁰ часов на заседа-
нии диссертационного совета К 05.07.360 при Кыргызском Государственном
университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова
по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34.б. в ауд. 1/101.
Тел./факс: (996-312) 54-51-36.

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

Автореферат разослан «25» мая 2009 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
К 05.07.360, к.т.н., доцент



Маданбеков Н.Ж.

Общие сведения. Вода есть главным жизненно необходимым природ-
ный ресурс во всем земном шаре, и она является главным переносчиком ин-
фекционных заболеваний и всевозможных химических соединений в организм
человека. Питьевая вода по качественным показателям должна соответствовать
требованию ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая». Вода, используемая на техноло-
гические нужды промышленных предприятий должна отвечать требованию
выполняемых в них технологических процессов. В системе питьевого и про-
мышленного водоснабжения предусматриваются очистные сооружения.

За последнее время существенно возросли требования к качеству воды
для хозяйственно – питьевых целей и технологических нужд промышленных
предприятий. В связи с этим особую актуальность приобрела исследование ра-
боты фильтровальных сооружений, которые завершают технологическую це-
почку кондиционирования природных вод. В зернистых фильтрах основным
рабочим элементом является фильтрующая загрузка. В технологии подготовки
воды для питьевого и промышленного водоснабжения используются зернистые
фильтры, на которые в СНиП 2.04.02-84- «Водоснабжение. Наружные сети и
сооружения» отведен специальный раздел.

Для кондиционирования поверхностных вод Кыргызстана повсеместно
требуется использование процесса фильтрования как последняя ступень очист-
ки воды. СНиП 2.04.02-84 рекомендует в качестве фильтрующих загрузок
фильтров кварцевых песков на Русской платформе - Центральная зона, Южный
склон Балтийского щита, Украины, Среднего и Нижнего Поволжья и других ре-
гионов Российской Федерации.

Актуальность диссертационной работы. Исследование местных зерни-
стых материалов Кыргызстана и изучение их фильтровальных характеристик
является актуальной проблемой в период суверенной независимости Кыргыз-
ской Республики (КР). Использование местных фильтрующих материалов Кыр-
гызстана позволяет дальнейшее развитие теории фильтрования малоцентри-
рованных суспензий, подготовку воду для питьевого и промышленного водо-
снабжения и улучшить социально-экономическую возможность населения, а
также качество выпускаемой промышленной продукции.

Цель работы – исследование качества природных вод, технологических
показателей кварцевых песков и их фильтровальных характеристик по отноше-
нию к малоцентрированным суспензиям, а также разработка технологии
кондиционирования воды с использованием местных кварцевых песков КР.

Задачи исследования. В диссертации в соответствии, с поставленной це-
лью решались следующие основные задачи:

- изучение физико-химических свойств и санитарно-бактериологических пока-
зателей поверхностных вод КР;
- изучение технологических характеристик кварцевого песка Кыргызстана;
- теоретическое и экспериментальное исследование фильтровальных характери-
стик песка Ивановского карьера по отношению к малоцентрированным сус-
пензиям;

- установление оптимальных технологических параметров скорых фильтров;
- разработка эффективной технологии очистки природных вод;
- определение технико-экономической эффективности разработанной технологии кондиционирования воды;
- внедрение результатов исследований в производство.

Научная новизна работы определяется следующим:

- систематизирована информация по качеству поверхностных вод КР;
- впервые изучены технологические показатели кварцевых песков Кыргызстана применительно для очистки воды;
- установлена возможность и эффективность использования кварцевого песка Кыргызстана для очистки природной воды;
- впервые определены фильтровальные характеристики Ивановского песка;
- установлены оптимальные параметры процесса фильтрации воды;
- разработана новая технология обработки поверхностных вод для условий КР;
- получены технико-экономические показатели разработанной технологии обработки поверхностных вод.

Методы исследований. Для достижения поставленной цели и решения задачи, использованы методики:

- физико-химического анализа качества природной воды;
- определения технологического показателя зернистого материала;
- исследования на модели скорого зернистого фильтра процесса фильтрации;
- изучение технологии обработки воды;
- определения технико-экономических показателей разработанной технологии обработки поверхностных вод.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, изложенных в диссертационной работе. Научные положения, выводы и рекомендации подтверждаются теоретическими предпосылками, экспериментальными исследованиями и технологическими решениями, базирующиеся на фундаментальные положения:

- физико-химические анализы качественных показателей природной воды;
- технологические показатели зернистых фильтрующих материалов для фильтров водопроводной очистной станции;
- полученные фильтровальные характеристики кварцевого песка из Ивановского карьера;
- необходимым объемом лабораторных, натуральных измерений и обобщений результатов исследований;
- полученные положительные результаты при апробации предложенных рекомендаций и достигнутой технико-экономической эффективности разработанной технологической схемы очистки воды.

Научные положения, выносимые на защиту:

- теоретические и практические положения по качеству поверхностных вод и технологические показатели кварцевых песков Кыргызстана;
- результаты теоретических и экспериментальных исследований фильтровальных характеристик песка Ивановского карьера;

- установленные оптимальные параметры процесса фильтрации поверхностных вод в системе водоснабжения населенных мест и промышленных предприятий;

- технико-экономические показатели разработанной технологии очистки воды для питьевого и промышленного водоснабжения.

Практическая ценность работы заключается в следующем:

- изучены физико-химические показатели поверхностных вод;
- исследованы технологические показатели Ивановского кварцевого песка;
- определены теоретические и экспериментальные зависимости для расчета скорого фильтра с фильтрующей загрузкой из Ивановского кварцевого песка;
- установлены оптимальные параметры процесса фильтрации поверхностных вод в системе водоснабжения населенных мест и промышленных предприятий;
- разработана технология обработки природных вод, которая найдет широкое применение в Кыргызской Республике и определена ее технико-экономические показатели.

Личный вклад автора в науку. Изучено качество поверхностных вод и технологические показатели местных песков КР; определены фильтровальные характеристики Ивановского песка по отношению к малоконцентрированным суспензиям; исследована технология обработки природной воды фильтрацией; выполнены теоретические и экспериментальные исследования по очистке воды фильтрацией; установлены параметры работы скорых фильтров на практике; проведен анализ и обобщение результатов исследований.

Степень внедрения и практического использования научных результатов. Результаты исследований и рекомендаций диссертационной работы внедрены в учебный процесс кафедры "Водоснабжение и водоотведение" КГУСТА им. Н.Исанова, АО "Кыргызкоммунпроект", Институтом устойчивого развития и водных проблем "Керемет" и Департаментом сельского водоснабжения при Национальном агентстве по делам местного самоуправления КР.

Апробация работы. Научные положения и основные результаты диссертационной работы представлялись и докладывались на Международных научно-практических конференциях: КГУСТА (2002 – 2007 гг.), Алматинского технологического университета (2006 г.), "Техновод – 2008" (Российская Федерация, г. Калуга, 2008 г.), КРСУ им.Б.Н.Ельцина (2008 г.), Казахской Головной Академии строительства и архитектуры (2008 г.).

Связь диссертации с планами НИР. Работа выполнялась в рамках "Государственной комплексной программы развития науки, техники и новых технологий Кыргызской Республики", и Национальной Программы КР "Таза суу" и входила в программу НИР КГУСТА.

Публикации по теме диссертации. По теме диссертации опубликованы 2 монографии и 9 научных статей. 8 статьи опубликованы в научных изданиях, входящих в перечень рекомендованных изданий НАК КР и 3 единолично.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, приложений и списка использованных литератур. Объем работы составляет 110 страниц, включая таблиц, графиков, приложений и библиографии -131 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение раскрывает актуальность работы и перспективы использования: поверхностных вод Кыргызстана для водоснабжения; местных месторождений кварцевого песка в подготовке воды для питьевого и промышленного водоснабжения. Далее сформулированы цель и задачи исследования; изложена научная новизна, методы исследования, обоснованность и достоверность научных положений; результаты исследований и практическая ценность работы; определены научные положения выносимые на защиту и личный вклад автора в науку; информация о внедрении результатов исследований и разработок, связь диссертации с планами НИР; изложены сведения по апробации и публикации основных результатов работы, о структуре и объеме диссертации.

Первая глава посвящена информационному анализу качества поверхностных вод и обработке воды для питьевого и промышленного водоснабжения.

Поверхностные воды КР формируется только на ее территории, и относятся к Балхашскому, Аральскому, Таримскому водным бассейнам. Общее количество рек республики превышает 500. Многие из них являются небольшими, с малым расходом воды, и динамика расхода носит сезонный характер, а длина не более 20- 40 км. В экономике республики решающую роль играют только крупные реки, которых насчитывается менее двух десятков.

Главные водные артерии свое начало берут у высокогорных ледников, горных снежных залежей или горных родников.

Реки бассейна оз. Иссык-Куль относятся к зоне со среднегодовой мутностью от 101 до 250 мг/л. Повышенная мутность, в период паводков достигает 270 - 820 мг / л.

Бассейн р. Чу представлен многочисленными горными реками, дренирующими склоны гор. Большинство рек берут начало у приводораздельных ледников и фирновых полей, лишь небольшая часть не связана с ледниками и питается подземными водами. В бассейне р. Чу насчитывает 67 рек, из них 20 являются рыбохозяйственными, 9 относятся к хозяйственно- питьевым, остальные 38 культурно- бытового назначения.

Обобщенные расчеты за последние 12 лет показывают, что в период весенне- летнего половодья минерализация рек, относящихся к хозяйственно-бытовому назначению, изменяется от 300 до 830 мг/л: 300- 500 мг/л имеют 65% рек; около 35% рек имеют минерализацию более 500 мг/л.

Среднегодовой расход воды р. Нарын в створе, расположенном ниже г. Нарын, составляет $80-95 \text{ м}^3/\text{с}$, максимальный доходит до $232 \text{ м}^3/\text{с}$ (в июле), а минимальный расход приходится на январь – до $25 \text{ м}^3/\text{с}$. Расход р. Нарын по течению увеличивается и в Ферганской долине: в районе с. Уч- Коргон средний расход составляет до $432 \text{ м}^3/\text{с}$, минимальный в феврале – до $160 \text{ м}^3/\text{с}$. В формировании расхода реки основную роль играют около двух тыс. снежных ледники, общей площадью около 1358 км^2 . Большинство ледников (около 70%) расположены в массивах Ак-Шыйрак, Тескей Ала-Тоо, Жетим, Борколдой и др.

Гидрохимический режим реки находится в прямой зависимости от гидрохимического режима ее притоков. По течению реки физико- химические показатели качества воды подтверждают ее загрязненность под действием антропогенных факторов. Величина окисляемости вод р. Нарын по течению увеличивается: окисляемость у массива Ак- Шыйрак составляет 3, после г. Нарын – 13, а после г. Таш- Кумыр- 18- 23 $\text{мгО}_2/\text{л}$. А мутность воды изменяется от 40 до 740 мг/л. В период паводков превышает 2000 мг/л.

Река Талас имеет снегово-ледниковое питание. Максимальные расходы реки и ее притоков характерны для июня и июля. Минимальные – в зимне-весенний период. Концентрация взвешенных веществ составляет 70-450 мг/л, а в период паводков более 1900 мг/л.

Анализ речного стока юга республики показывает, что большинство рек имеют снегово-ледниковое питание, относится к Тянь-Шаньскому типу с продолжительным летним половодьем и устойчивой зимней меженью.

Расход речного стока зависит, на юге республики, от количества атмосферных осадков и интенсивности таяния сезонных снегов и ледников. Половодье начинается в мае – июле и заканчивается в сентябре и состоит из отдельных паводковых волн, когда мутность увеличивается до 2400 мг/л. На формирования минерального состава воды рек оказывает влияние характер их питания, зависящий от времени года, и характер и качество поступающих в русло вод после соответствующего использования (сточные, атмосферные, дренажные, поливные).

Минерализация мелких рек, протекающих по равнинной территории областей, в районах интенсивного, иногда постоянного полива (в местах выращивания таких культур, как рис и др.), растет вниз по руслу реки и составляет 2500-8200 мг/л. Увеличению солесодержания способствует каллеторно - дренажные воды, поступающие с сельскохозяйственных полей.

Речные воды КР следует использовать в системе хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения после соответствующего осветления, обезжелезивания и фторирования, а также согласование вопроса отсутствия йода. Во всех случаях использования изученных вод для решаемой задачи требуется применение технологии обработки воды разной ступени, с использованием в качестве последней ступени процесса фильтрации.

Вторая глава диссертации посвящена изучению технологических показателей отдельных речных и карьерных песков Кыргызстана.

Перечень природных и искусственных зернистых фильтрующих материалов, разрешенных для применения в практике хозяйственно-питьевого водоснабжения: аглопорит; вермикулит; кварцевый песок (речной или карьерный); керамзиты; шунгизиты; горелые породы; вулканистые шлаки; фосфорит; цеолиты; гранулированный шлак; габбро-диабаз; грандоирит; активированные угли; гранитный отсеб; золосесок.

Фильтрация через зернистый слой применяется как завершающий этап очистки природной воды. Паспорта на каждый фильтрующий материал составляется по результатам его испытаний, т.е. определяется: структурные показатели; плотность материалов; гранулометрический состав; истираемость и измел-

чаемость (условная механическая прочность) и т.д. Из изученных песков, использование кварцевых песков для Кыргызстана предоставляет определенный теоретический и практический интерес. Поэтому были определены технологические показатели песков Кыргызстана по методикам, которые были рекомендованы Кастальским А.А., Аюкаевым Р.И. и Мельцером В.З.

Экспериментальным исследованием технологических показателей кварцевых песков, шести речных и карьерных местонахождений впервые получены следующие результаты: измельчаемость находится в пределах -3 - 9%; гранулометрический состав – 0,25 – 2,5 мм, а выход годной продукции песка для очистной станции – 21 – 36%; коэффициент неоднородности – 3 - 15. Из песчаных залежей Кыргызстана наиболее перспективным является кварцевый песок Ивановского карьера.

Дальнейшие исследования в работе были направлены на использование Ивановского карьерного песка, в качестве фильтрующей загрузки скорых фильтров водопродонной очистной станции.

В третьей главе работы приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований фильтровальных характеристик Ивановского песка при фильтровании малоконцентрированных суспензий, содержащихся в природной воде.

Исследованием обработки природных вод фильтрованием, разработкой теоретических положений и экспериментальным изучением процесса фильтрования малоконцентрированных суспензий через зернистый фильтрующий слой, занимались многие ученые: Минц Д.М., Шехтман Ю.М., Ивес К., Криштул В.П., Кастальский А.А., Клячко В.А., Апелцин И.Э., Перлина А.М., Мельцер В.З., Аюкаев Р.И., Журба М.Г., Жужиков В.А. и др.

Существует несколько теории процесса очистки малоконцентрированных суспензий фильтрованием, разработанных различными исследователями. Все исследователи едины во мнении, что снижение задерживающей способности фильтрующей загрузки с течением времени связано с накоплением осадка в порах загрузки. Однако при объяснении механизма влияния накапливающегося осадка на изменение задерживающей способности слоев загрузки мнения исследователей расходятся. Противоречивость взглядов говорит о недостаточной изученности процесса фильтрования.

Наибольшее признание в настоящее время имеет теория фильтрования малоконцентрированных суспензий Д.М.Минца, которая получила экспериментальное подтверждение и доведена до практического использования.

Особенность фильтрования малопрочной, сильно – гидратированной примеси воды через фильтрующую загрузку описывается дифференциальным уравнением

$$-\frac{\partial C}{\partial x} = bC - \frac{a}{v}\rho, \quad (1)$$

где C – концентрация взвеси; x – высота фильтрующего слоя; b – параметр фильтрования, характеризующий интенсивность прилипания взвешенных частиц к зернам загрузки; a – параметр, характеризующий интенсивность отрыва ранее задержанных частиц; ρ – плотность насыщения фильтрующей загрузки осадком; v – скорость фильтрования.

В этом уравнении $\frac{\partial C}{\partial x}$ – градиент концентрации частиц взвеси в воде по высоте фильтрующей загрузки. Знак минус в левой части уравнения показывает, что концентрация уменьшается с увеличением расстояния от первого по направлению фильтрования слоя фильтрующей загрузки. Правая часть уравнения отражает ход процесса осветления воды за счёт двух одновременно протекающих процессов – изъятия частиц из воды вследствие прилипания к поверхности зерен загрузки bC и отрыва ранее задержанных частиц под действием потока воды $-\frac{a}{v}\rho$.

Вторым уравнением теории является уравнение баланса вещества

$$\frac{\partial p}{\partial t} = -v \frac{\partial C}{\partial x}, \quad (2)$$

где t – продолжительность фильтрования.

Это уравнение показывает, что количество вещества, извлеченного фильтрующим слоем из воды за единицу времени, равно количеству накопившегося в этом слое вещества за тот же промежуток времени.

Дифференцирование уравнения (1) с учетом уравнения баланса вещества (2) позволяет получить основные уравнения теории в дифференциальной форме:

$$\frac{\partial^2 C}{\partial x \partial t} + a \frac{\partial C}{\partial t} + b \frac{\partial C}{\partial x} = 0; \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 p}{\partial x \partial t} + a \frac{\partial p}{\partial x} + b \frac{\partial p}{\partial t} = 0; \quad (4)$$

Неоднородность физико-химических свойств частиц взвешенных веществ и фракционного состава зернистой загрузки реальных производственных фильтров приводит к тому, что параметры фильтрования a и b , зависящие от свойства взвеси, осадка и размера зерен загрузки, изменяются по высоте фильтрующего слоя, т.е. являются некоторыми функциями координаты x . Вследствие разнообразия свойств воды и неоднородности гранулометрического состава зернистых загрузок установить вид этих функций теоретически невозможно.

Упрощение решения уравнения (3) достигается за счёт его преобразования введением безразмерных соотношений

$$y = C/C_0, \quad (5); \quad X = bx, \quad (6); \quad T = at, \quad (7)$$

где C_0 – исходная концентрация взвеси в воде.

Тогда преобразование (3) и (4) позволит получить

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x \partial t} + \frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial t} = 0. \quad (8)$$

Уравнение (8) является общим для всего многообразия различных форм процесса очистки воды фильтрованием. Далее это уравнение можно преобразовать с помощью независимых переменных. Вместо координаты x в уравнение (8) можно ввести безразмерную переменную X , а вместо времени t – безразмерную переменную T . Новые безразмерные переменные устанавливают подобие различных форм протекания процесса осветления и являются критериями подобия. В результате изменение концентрации взвеси в воде при ее движении через фильтрующий слой определяется только значением этих критериев, т.е.

$$C/C_0 = f(X, T). \quad (9)$$

Для решения практических задач необходимо определить связь критериев подобия с физическими величинами, от которых зависит технологический процесс фильтрования. С помощью теории размерностей можно получить

$$b = \beta v \varepsilon_1 d \lambda_1, \quad (10); \quad \text{и} \quad a = \alpha v \varepsilon_2 d \lambda_2, \quad (11)$$

где α и β – размерные коэффициенты, учитывающие совокупное влияние всех физических и физико-химических свойств воды и взвеси; v – скорость фильтрации; d – крупность зерен загрузки.

Анализом вышеприведенных дифференциальных уравнений, можно констатировать, что эффективность процесса очистки и накопление отложений в толще фильтрующей загрузки характеризуется значениями параметров a и b .

Прирост потери напора зависит от равномерности распределения отложений по высоте загрузки и можно описать параметром A . Определение параметров фильтрования для воды конкретного водоисточника с целью получения данных, для расчета фильтров, по рекомендациям Д.М. Минца, В.П. Криштула, В.З. Мельцера, является основной задачей технологического моделирования процесса фильтрования малоконцентрированных суспензий.

Результаты многих исследований свидетельствуют о том, что неоднородность физико-химических свойств частиц взвешенных веществ и фракционного состава и электрохимического состояния зернистой загрузки реальных фильтров приводит к тому, что параметры фильтрования a и b изменяются в каждом конкретном случае. Кроме того, в зависимости свойства фильтрующей загрузки меняется распределение осадка по высоте слоя загрузки и темпы роста потери напора имеют разный характер, т.е.

$$\frac{hb}{i_0} = F(A)T, \quad (12)$$

где h – прирост потери напора; i_0 – гидравлический уклон в начальный момент фильтрации; $F(A)$ – функция, зависящая только от предельной насыщенности порового пространства отложениями A ; T – критерий, соответствующий, распределению осадка по высоте фильтрующей загрузки.

Из уравнений (7) и (12) можно получить формулу для расчета темпа прироста потери напора

$$\frac{h}{t} = i_0 F(A) \frac{a}{b}. \quad (13)$$

Поэтому СНиП 2.04.02-84 рекомендует использовать в качестве фильтрующих загрузок те кварцевые пески, у которых исследованы фильтровальные характеристики и искомые параметры для теоретического расчета фильтровальных сооружений находятся в сопоставимых величинах для исследованных кварцевых песков различных месторождений. К таким относятся кварцевые пески на Русской платформе – Центральная зона, Южный склон Балтийского щита, Среднего и Нижнего Поволжья, Украины и кварцевый песок Красновожской, Кемеровской, Саратовской, Волгоградской и Владивостокской областей и других карьеров Российской Федерации.

Речные и карьерные пески КР на соответствие требованиям к фильтрующим материалам не исследованы и фильтровальные характеристики для очистки природных вод, содержащих малоконцентрированные суспензии не изучены.

В связи с вышеизложенным были проведены теоретические и экспериментальные исследования по фильтрованию малопрочной, сильногидратированной взвеси природных вод КР.

Для экспериментального изучения фильтровальных характеристик была использована модель скорого фильтра с песчаным фильтрующим слоем песка Ивановского карьера параметрами: $d=0,63-1,25$ мм; $K=1,9$; $d_{э\text{кв}}=0,9$ мм и $x=90$ см. В качестве поддерживающего слоя была использована металлическая нить-2 мм. Модель скорого фильтра был оборудован 10 пьезометрами (рис.1).

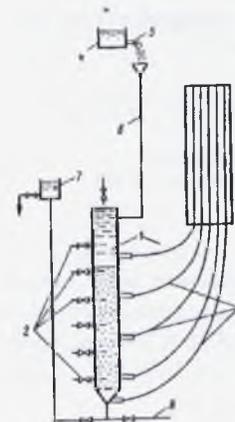


Рис. 1 Установка для исследования фильтровальных характеристик - технологического анализа.
1- модель зернистого фильтра; 2- пробоотборники; 3- пьезометрические трубки; 4- бак для поддержания постоянного уровня; 5- подача фильтруемой воды; 6- подвод фильтруемой воды; 7- отвод фильтрата; 8- подача воды на промывку; 9- отвод промывной воды в сток.

Проведению каждой серии опытов предшествовала настройка экспериментальной установки на чистой воде на постоянную скорость фильтрования. В ходе экспериментальных исследований контролировались: скорость фильтрования воды, и концентрация взвешенных веществ в исходной и профильтрованной воде, и потери напора. Концентрация взвешенных веществ в исходной воде изменялась с помощью специально приготовленного иммитата.

Результаты исследований показали пригодность Ивановского песка в качестве фильтрующей загрузки водоочистной станции. Отдельные результаты экспериментальных исследований приведены на рис.2; 3.

В четвертой главе работы приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований по оптимизации технологических параметров фильтрования очистной станции.

Экспериментальные исследования проводились на специально разработанной и смонтированной установке, позволяющей изучить технологические параметры фильтровальных сооружений и исключаяющей пристеночный эффект.

Фильтровальная установка загружалась песком из Ивановского карьера (d_{10} , d_{80} , K и $d_{экв}$). Скорый фильтр и его загрузка имели следующие рабочие параметры: полезная производительность- q_{ϕ} и скорость фильтрования- V_{ϕ} ; продолжительность фильтрования- $t_{ц}$, продолжительность работы фильтра до проскока в фильтрат взвеси концентрацией большей, чем требуемая- t_3 и тоже до достижения предельной потери напора- t_n , высота загрузки- x ; эквивалентный диаметр- $d_{экв}$, коэффициент неоднородности загрузки- K_n , мутность обрабатываемой воды- C_0 и концентрация взвеси в фильтрате - C .

Оптимизация работы фильтров заключается в подборе условий, при котором должно соблюдаться следующее равенство: $t_3 = \sigma t_n$ и $t_n = t_{ц}$, (где σ - коэффициент запаса, принимаемый равным 1,2 - 1,3).

Обработка полученных параметров фильтрования малоконцентрированных суспензий проводилась с помощью формул:

$$v = X_0 / x_0, \quad (14) \quad \text{и} \quad a/v = n/k. \quad (15)$$

А параметр $F(A)$ был определен с помощью уточненной формулы:

$$F(A) = 0,15 \left[\frac{1}{(1-A)^3} - 1 \right]. \quad (16)$$

Результаты исследований показали, что с увеличением величины C_0 от 5 до 40 мг/л, величина v увеличивается от 12 до 33 м⁻¹, а величина a/v растет от 0,04 до 0,08 м/ч. При этом время t_3 уменьшается от 19,8 до 6,3 часов. Кроме того величина a возрастает от 0,45 до 3 ч⁻¹. Вследствие чего $(h/t) / C_0$ уменьшается от 3,9 до 2,1 см/ч на 1 мг задержанной взвеси.

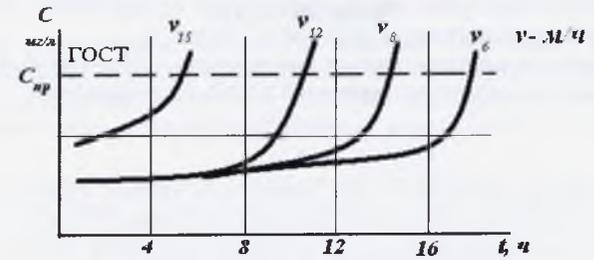


Рис. 2. Выходные кривые по C в фильтрате

$v_{\phi} = 10$ м/ч; $C_0 = 10$ мг/л.

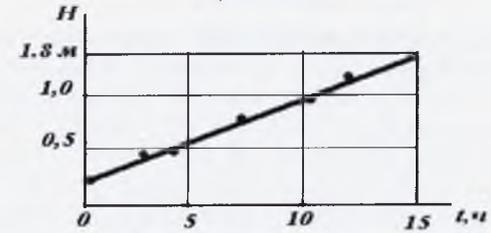


Рис. 3. График прироста потери напора

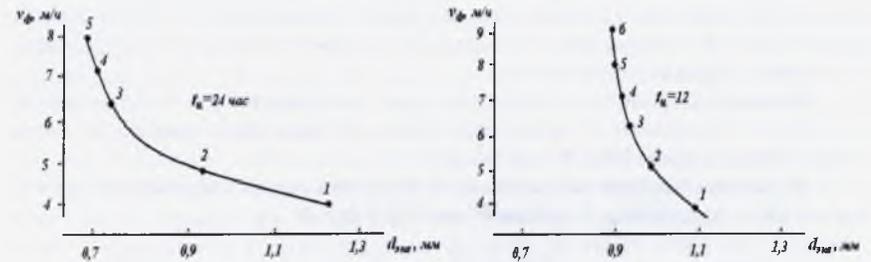


Рис. 4. Зависимости оптимальных значений v_{ϕ} и $d_{экв}$ при разных значениях C_0 1-20; 2-17; 3-15; 4-12; 5-10; 6-8 мг/л.

Ввиду того, что принятый нами метод основан на использование зависимости:

$$t_3 = \frac{1}{K^1} \left(\frac{x}{V_{\phi}^{1,7} d_{экв}^{0,7}} - \frac{x_0 d_{экв}}{V_{\phi}} \right) \quad (17)$$

$$K^1 = K \alpha \beta, \quad (18) \quad \text{и} \quad X_0^1 = X_0 \beta, \quad (19)$$

где K^1 , X_0^1 - параметры, определяемые в результате экспериментальных исследований; K , X_0 - параметры, определяемые по данным Д.М. Минца; β и $\alpha \beta$ - размерные параметры, характерные для a и v .

Результаты отдельных экспериментальных исследований после оптимизации параметры фильтрования приведены на рис. 4.

В результате многочисленных аналитических преобразований предыдущих зависимостей и с учетом требований СНиП, были получены:

$$\frac{x}{X_o^1 v_{\phi}^{0,7} d_{\text{жк}}^{1,7}} - \frac{1,1 t_u K^1 v_{\phi}}{X_o^1 d_{\text{жк}}} = 1 \quad (20)$$

При оптимизации технологических параметров скорых зернистых фильтров продолжительность фильтра цикла принималась равной 12 и 24 часам. Оптимальные значения эквивалентного диаметра фильтрующей загрузки и скорости фильтрования воды следует определить исходя из выражений:

$$d_{\text{жк}} = 0,54 + 0,033 C_0; \quad (21)$$

$$v_{\phi} = 9,1 - 0,27 C_0. \quad (22)$$

В пятой главе диссертации приведена разработанная новая технология очистки речных вод Кыргызстана и ее технико-экономические показатели. Разработанная технология позволяет защитить водопроводные очистные сооружения от поступления в них паводковых вод и использовать местные кварцевые пески в качестве фильтрующего слоя скорых фильтров. Технико-экономическая оценка разработанной технологии подготовки воды для питьевого и промышленного водоснабжения проводилась сопоставлением экономических показателей альтернативного метода обработки поверхностных вод.

В соответствии с современными достижениями науки, техники и технологии обработки природных вод для питьевого и промышленного водоснабжения, в качестве альтернативного метода была принята двухступенчатая технологическая схема обработки воды.

Финансовые расходы были определены на проектирование, строительство и пуско-наладочные и эксплуатационные расходы водоочистной станции, полезной мощностью 10 и 30 тыс. м³/сут.

Основные технико-экономические показатели сравниваемых технологических схем определены в соответствии с формулой:

$$\mathcal{E} = E_n (K - K_1) + (\mathcal{E} - \mathcal{E}_1), \quad (23)$$

где K и K_1 – капитальные вложения, включая проектирование, соответственно, по альтернативному и рекомендуемому вариантам;

E_n – нормативный коэффициент, принимаемый равным $E_n = 0,12$;

\mathcal{E} и \mathcal{E}_1 – эксплуатационные расходы, включая пуско-наладочные, при использовании альтернативной и рекомендуемой технологических схем обработки воды.

Экономический эффект для рекомендуемой технологии очистки речных вод Кыргызстана для очистной станции 10 и 30 тыс. м³/сут составил, соответственно, 132 и 284 тыс. сом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. За последнее время существенно возросли требования к качеству потребляемой воды. За 30 лет в Кыргызстане, объем используемой воды на хозяйственно-питьевые нужды увеличился в 2,1 раза. В республике сложилась тенденция к увеличению в качестве источников водоснабжения поверхностных вод.

2. Все поверхностные воды Кыргызской Республики формируются на ее территории и их объем, в зависимости водности года, составляет 36-58 млрд. м³. Главные водные артерии свое начало берут у высокогорных ледников, горных снежных залежей, горных родников, фирновых полей и 0,8% их питается подземными водами. У всех горных рек наблюдается один или два подземных периода.

3. Качество воды находится в прямой зависимости от горных пород с которыми контактируются вода и антропогенных воздействий. Качественные показатели колеблются в широких пределах: мутность 35-850 мг/л (в паводок до 2400); окисляемость от 3 до 23 мг О₂/л, цветность- до 90 градусов, фтор- отсутствует; ионный состав в основном гидрокарбонатный.

4. Речных вод Кыргызстана в систему хозяйственно-питьевого водоснабжения можно подавать после осветления и обесцвечивания, а также согласования вопроса, что отсутствуют фтор и йод. Во всех случаях, требуется использование двухступенной технологии обработки воды, с использованием в качестве последней ступени процесс фильтрования.

5. Результаты впервые проведенного технологического анализа кварцевых песков КР показал, что их: измельчаемость находится в пределах -3 - 9%; истираемость- 0,3 – 0,9 %; гранулометрический состав – 0,25 – 2,5 мм, а выход годной продукции песка для очистной станции – 21 – 36%; коэффициент неоднородности – 3 -15. Из песчаных залежей Кыргызстана является наиболее перспективным кварцевый песок Ивановского карьера.

6. Результаты лабораторных исследований процесса фильтрования малоцентрированных суспензий на модели фильтра загруженного песком из Ивановского карьера при $d = 0,63-1,25$ мм, $K = 1,9$, $d_{\text{жк}} = 0,9$ мм и $x = 90$ см, показали: возможность использования их на водопроводных очистных станциях; фильтроцикл составляет 7 – 19 часов; темп прироста потери напора 0,1 – 0,23 м; возможность использования упрощенного способа моделирования процесса фильтрования по методике предложенной В.З.Мельцером.

7. В первые получены аналитические и графические зависимости, по работе фильтров загруженных Ивановским песком, при условии $t_3 = \sigma t_H$, показали, что с увеличением величины C_0 от 5 до 40 мг/л : величина v увеличивается от 12 до 33 м³/ч; a/v растет от 0,04 до 0,08 м/ч, t_3 уменьшается от 19,8 до 6,3 ч, а величина a возрастает от 0,45 до 3 ч⁻¹, $(h/t)/C_0$ уменьшается от 3,9 до 2,1 см/ч на 1 мг задержанной взвеси.

8. Определены оптимальные технологические работы скорых зернистых фильтров в реальных условиях, которые обеспечивают продолжительность фильтроцикла 12 и 24 часов, т.е. формулы (21) и (22).

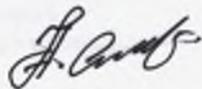
9. Разработана новая технология обработки воды Кыргызстана с использованием кварцевых песков из Ивановского карьера в качестве фильтрующей

загрузки и защитным устройством водопроводной очисткой станции в период паводков.

10. Определены технико-экономические показатели разработанной технологии обработки поверхностных вод (23) и они в зависимости производительности очистной станции 10 и 30 тыс. м³/сут, соответственно, составляет 132 и 284 тыс. сом.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Каримов Т.Х., Абдурасулов А.И. Водные ресурсы Кыргызской Республики // Вестник КГУСТА. -Вып. 3 (6).- Бишкек: КГУСТА, - 2004. - С.41- 46.
2. Каримов Т.Х., Абдурасулов А.И. Анализ водных ресурсов Кыргызской Республики и методы их обработки и управления.- Бишкек: Алтын Тамга, 2004.- 101 с.
3. Каримов Т.Х., Абдурасулов А.И. Проблемы водоснабжения и очистки сточных вод бассейна озера Иссык-Куль // Пищевая технология и сервис. -№3.- Алматы: Алматинский технологический университет, 2007. - С. 69- 72.
4. Каримов Т.Х., Байгазы кызы Н., Абдурасулов А.И. Опреснение коллекторно- дренажных вод и подземных вод Кыргызской Республики // Пищевая технология и сервис. -№ 4. – Алматы: Алматинский технологический университет, 2007.- С.44- 46.
5. Абдурасулов А.И., Сыдыков Г.М. К вопросу создания интегрированной геоинформационной систем // Пищевая технология и сервис. -№ 4.- Алматы: Алматинский технологический университет, 2007.- С. 64- 69.
6. Абдурасулов А.И., Абдурасулов И.А. Адам жана жаратылыш.- Бишкек: Текник, 2006.- 151 б.
7. Абдурасулов А.И. Особенности поверхностных вод Кыргызской Республики // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Разакова. -Том 14.- №2.- Бишкек: Текник, 2008 – С. 111- 117.
8. Абдурасулов А.И., Мельцер В.З. Технологические моделирование процесса очистки вод фильтрованием // Вестник Казахской Головной архитектурно- строительной академии. -№ 2. – Алматы: КазГАСА, 2008. - С. 15- 22.
9. Абдурасулов А.И. Исследование фильтровальных характеристик песка из Ивановского карьера // Вестник Кыргызско- Российского Славянского университета. -Том 8.- №9. – Бишкек: КРСУ, 2008.- С. 164- 168.
10. Абдурасулов И.А., Абдурасулов А.И. Исследование процесса фильтрации для осветления воды // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Технология очистки воды. Техновод – 2008».- Новочеркасск: ООО «Оникс +», 2008.- С. 130- 136.
11. Абдурасулов А.И. Исследование эффективности и безопасности питьевой воды // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Разакова.- Том 14.- № 2.- Бишкек: Текник, 2008.- С.108- 110.



КОРТУНДУ

Абдурасулов Айбек Илимидинович

**Өндүрүшкө жана ичүүгө керектелүүчү суу менен жабдуу үчүн,
Иванов карьеринен алынган кумдун чыпкалоо
жөндөмдүүлүгүнүн мүнөзүн изилдөө**

Техника илимдеринин кандидаты окмуштуулук даражасын
алуу үчүн жазылган

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

Ачкыч сөздөр: жер бетиндеги суулар, табият сууларынын физикалык жана химиялык касиеттери, кварц куму, чыпкалар (фильтры), чыпкалар катмары, чыпкалоонун убактысы, чыпка катмарынын сактоочу касиеттери, артыкбаш басым жана анын сарпталышы, суу тазалоо технологиясы; экономикалык жана техникалык көрсөткүчтөр.

Бул илимий иш, Кыргызстандагы кварц кумдарын суу тазалоо технологияларында колдонуу мүмкүнгүлүктөрүн изилдөөгө багытталган. Коюлган максатка ылайык, Кыргыз Республикасынын Иваново шаарынын жанынан алынган кварц кумунун технологиялык абалын аныктап, ошол кумду суу тазалоо технологиясында колдонууга жыйынтык чыгарылган.

Изилденген кумду пайдалануу менен жаңы суу тазалоочу технология түзүлгөн. Жаңы технологияда колдонулган чыпкалардын иштөө көрсөткүчтөрү аныкталган. Пайдаланылуучу кумдун технологиялык көрсөткүчтөрү илимий жактан тастыкталынган жана өндүрүшкө киргизилген.

Диссертациядагы изилдөөлөрдүн натыйжасында алынган жыйынтыктары суу тазалоо технологиясынын илимий жана тажырыйбалык жактан өсүшүнө өз салымын кошот, ошону менен бирге көз карандысыз Кыргызстандын социалдык жана экономикалык абалын өркүндөтүүгө салым кошот.

РЕЗЮМЕ

Абдурасулов Айбек Илимидинович

Исследование фильтровальных характеристик песка Ивановского карьера для питьевого и промышленного водоснабжения

Диссертация на соискание ученой степени кандидаты технических наук

05.23.04 - Водоснабжение, канализация и строительные системы
охраны водных ресурсов.

Ключевые слова: поверхностные воды, физико-химические свойства природных вод, кварцевый песок, фильтры, фильтрующая загрузка, продолжительность фильтроцикла, защитное действие, потеря напора, технология обработки воды, технико-экономические показатели.

Работа посвящена исследованию возможности использования кварцевого песка Кыргызстана в качестве фильтрующей загрузки зернистых фильтров, при подготовке воды в системе питьевого и промышленного водоснабжения.

