

62
744
СССР

МПС — ГУУЗ

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ИМ. М. И. КАЛИНИНА

На правах рукописи

Павел Петрович ГОЦАЛЮК

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ФТОРИРОВАНИЯ
ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ФЛЮОРИТОМ

Специальность 05.23.04 — Водоснабжение
и канализация

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

Днепропетровск
1975

НТБ
ДНУЖТ

С С С Р

М П С - Г У У З

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ИНСТИТУТ
ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
имени М.И. КАЛИНИНА

На правах рукописи

Г о ц а л ю к Павел Петрович

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФТОРИРОВАНИЯ
ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ ФЛОРИТОМ

Специальность 05.23.04
Водоснабжение и канализация

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск
1975

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА
Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту
імені академіка В.Лазаряна

НТБ
ДНУЖТ

64802

Работа выполнена в Днепропетровском
институте инженеров железнодорожного
транспорта им.М.И.Калинина

Научный руководитель –
доктор технических наук, профессор БЕЛАН А.Е.

Официальные оппоненты:
действительный член АН УССР, заслуженный деятель науки
и техники УССР , доктор технических наук, профессор
КУЛЬСКИЙ Л.А.,

кандидат технических наук доцент ХОРУШИЙ П.Д.

Ведущее предприятие – Управление Приднепровской
ордена Ленина железной дороги

Автореферат разослан "25" октября 1975г.

Защита диссертации состоится "25" ноября 1975г. в ___ час.
на заседании Совета по присуждению ученых степеней
при Днепропетровском институте инженеров железнодорож-
ного транспорта им. М.И.Калинина .

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Просим принять участие в работе Совета или
прислать свой отзыв в двух экземплярах по адресу:
г.Днепропетровск ГСП-320629, ул.Университетская,2,
ДИИТ, ученый Совет.

Ученый секретарь Совета, кандидат химических
наук

Плахотник В.Н.

НТБ
ДНУЖТ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. В решениях КПСС и СМ СССР намечен ряд мероприятий по улучшению благосостояния советского народа, профилактике заболеваний, охране внешней среды.

До настоящего времени и питьевой воде предъявлялись лишь требования, определяющие только физико-химические и бактериологические ее показатели.

В связи с изучением влияния микроэлементов на здоровье людей впервые в истории развития водоснабжения поставлен вопрос о качестве питьевой воды с точки зрения профилактики эндемических заболеваний.

В настоящее время советские и зарубежные ученые в результате исследования действия на организм человека фтора, содержащегося в питьевой воде, пришли к выводу о необходимости ее фторирования с целью профилактики заболевания населения кариесом зубов. Многие авторы на основании многолетних наблюдений подтверждают снижение заболеваний кариесом зубов при употреблении фторированной воды на 50-60% и доказывают, что она не оказывает вредного влияния на здоровье человека.

Кроме этого, как показали дальнейшие исследования (Книжников В.А. и др.), употребление воды с оптимальным количеством фтора снижает содержание радиоактивного стронция в костной ткани. Но защитный эффект фтора проявляется лишь при поступлении его в организм до начала воздействия радиоактивного стронция. Это условие реализуется при обычных методах фторирования питьевой воды с целью профилактики кариеса и расширяет профилактическое действие фтора против многих тяжелых заболеваний, особенно в условиях все возрастающего загрязнения планеты радиоактивными веществами.

Исходя из положительных результатов зарубежного и отечественного опыта фторирования воды Министерство здравоохранения

СССР с одобрения Совета Министров СССР издало приказ № 419 от 1 августа 1964 года, в котором указан перечень городов и сроки строительства установок по фторированию питьевой воды при содержании в ней фтора менее 0,5 мг/л. Запланировано построить фтораторные установки более чем в 70 городах Советского Союза с обеспечением фторпрофилактикой около 31 млн. человек.

Согласно СНиП II 31-74 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Нормы проектирования", фторирование воды, используемой для хозяйственно-питьевых нужд, надлежит производить при содержании фтора в источнике водоснабжения менее 0,5 мг/л. Таких источников в СССР, как показали исследования ряда авторов, преобладающее большинство.

В соответствии с перспективным планом строительства новых водоснабжений и устройства на существующих фтораторных установках разработка наиболее рациональных и экономичных методов фторирования питьевой воды становится весьма актуальной проблемой.

Цель и задачи исследования. На железнодорожном транспорте имеется много пунктов водоснабжения небольшой производительности (до 5000 м³/сут.), подающих воду потребителям без предварительной очистки из подземных источников. Многие отдельные пункты имеют местное водоснабжение.

В настоящее время разработаны методы и имеется опыт фторирования питьевой воды для водоснабжений производительностью более 5000 м³/сут. Не менее важной проблемой следует считать фторпрофилактику населения малых населенных пунктов, станций и разъездов. Для таких пунктов водоснабжения необходимо разработать новые методы фторирования питьевой воды, которые, обеспечивая достаточное обогащение ее фтором, не требовали бы сложного и

дорогого оборудования, исключали передозировку. Таких методов пока нет. В настоящей работе поставлена цель их создания и исследования.

Для достижения этой цели в работе были поставлены следующие задачи:

1. Подобрать реагент фторирования питьевой воды, который обладал бы минимальной токсичностью для обслуживающего персонала и обеспечивал бы оптимальное содержание фтора в воде.
2. Разработать метод фторирования с применением этого реагента, который исключал бы его передозировку, не требовал постоянного контроля за количеством фтора в воде.
3. Исследовать степень обогащения питьевой воды фтором при фильтровании через загрузку из дробленного флюорита в зависимости от крупности фракций, высоты ее слоя, скорости фильтрования и качества воды.
4. Разработать и исследовать методы регенерации флюоритовой загрузки.
5. Разработать конструкции и методику расчета фильтрационных фтораторных установок.

Научная новизна. В работе предложен фтор - содержащий реагент, получаемый путем дробления флюорита и исследован простой фильтрационный метод обогащения питьевой воды фтором при ее фильтровании через загрузку из дробленного флюорита.

На основании исследований разработаны новые методы регенерации загрузки, новые конструкции фтораторных установок и методика их расчета.

НТБ
ДНУЖТ

Практическая ценность. Разработанный метод фторирования применим для использования на малых водопроводах, при местном и индивидуальном обогащении питьевой воды фтором.

Предлагаемые установки просты по конструкции, работают автоматически, не требуют сложного оборудования и квалифицированного обслуживающего персонала. Эти преимущества предлагаемого метода в наибольшей степени соответствует практическому применению фторирования в условиях малых и индивидуальных водоснабжений.

Апробация работы. Материалы работы докладывались на:

1. ХУП научно-технической конференции ДИИТа, г.Днепропетровск, 1967г.

2. XXX научно-технической конференции Новочеркасского инженерно-мелиоративного института, г.Новочеркасск, 1969г.

3. Юбилейной научно-технической конференции ДИИТа, г.Днепропетровск, 1970г.

4. Всесоюзной научно-технической конференции "Охрана водных ресурсов от загрязнения и их рациональное использование в народном хозяйстве", г.Ровно, 1972г.

5. Республиканской научно-технической конференции "Совершенствование технологии очистки питьевой воды и автоматизации водопроводных сооружений", г.Харьков, 1974г.

Объем работы. Диссертация содержит 129 страниц машинописного текста, 26 рисунков, 8 таблиц и состоит из введения, семи глав, списка использованной отечественной и зарубежной литературы (209 наименований) и четырех приложений.

НТБ
ДНУЖТ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

В первой главе обобщен опыт фторирования питьевой воды за рубежом и в СССР.

Первые фторирование питьевой воды было осуществлено в США в 1945 году, в СССР - в 1960 году (г.Норильск).

Большой вклад в развитие фторирования питьевой воды в СССР внесли Габович Р.Д., Черкинский С.Н., Кульский Л.А., Аксюк А.Ф., Овруцкий Г.Д., Книжников В.А., Савельева Н.П., Стегенов Г.А. и др., а также коллективы институтов СоюзНИИводоканалпроект, ЦНИИЭП инженерного оборудования городов, АКХ им. К.Д. Памфилова, Московский научно-исследовательский институт гигиены им. Ф. \Эрисмана и др.

В главе дан критический обзор основных технологических схем, применяемых для фторирования питьевой воды, которые можно классифицировать на:

1. Фтораторные установки сатураторного типа (г.Норильск, Севастополь и др.).

2. Фтораторные установки с растворными баками (г.Мурманск, г.Ленинград и др.).

3. Фтораторные установки с растворно-затворными баками (Талды-Курган, Лениногорск).

4. Фтораторные установки с применением кремнефтористоводородной кислоты (Таллин).

5. Фтораторные установки с сухим дозированием реагента (Брно, большинство фтораторных установок в США).

6. Фтораторные установки с сатураторами для приготовления раствора флюорита в коагулянте (США).

НТБ
ДНУЖТ

7. Фтораторные установки с растворными баками для применения раствора кремнефтористого натрия в коагулянте (Иев).

Все эти установки рассчитаны на хорошо растворимые реагенты, применение которых требует:

- тщательного дозирования и постоянного контроля за количеством фтора в обработанной воде во избежание передозировки;
- сложного, дорогостоящего и дефицитного оборудования для автоматизации их работы;
- квалифицированного персонала для их обслуживания;

Перечисленные технологические схемы применимы при обработке воды сернокислым алюминием в условиях водоочистной станции большой производительности.

Типовые проекты, разработаны Центральным научно-исследовательским институтом экспериментального проектирования городского оборудования для минимальной производительности водопровода $5000 \text{ м}^3/\text{сут.}$

В США из 10677 населенных пунктов, имеющих менее 1000 жителей в 1968 г. вода фторировалась лишь в 680. Объясняется это отсутствием простых дешевых и рациональных фтораторных установок, пригодных и экономичных в эксплуатации в условиях малых водоснабжений. Применяемые здесь технологические схемы фторирования принципиально не отличаются от установок, используемых на больших водопроводах.

Из обобщения опыта фторирования питьевой воды можно сделать следующие выводы:

I. Фторирование питьевой воды стало наиболее эффективным профилактическим противокариозным мероприятием и в дальнейшем будет широко развиваться.

НТБ
ДНУЖТ

2. Исходя из опыта эксплуатации фтораторных установок в городах Ивано-Франковск, Таллин, Вильнюс при проектировании новых больших установок предпочтение следует отдавать технологическим схемам с растворными баками.

3. При близком расположении суперфосфатных заводов наиболее выгодно применять для целей фторирования воды кремнефтористоводородную кислоту.

4. Рациональных, безопасных и экономически выгодных установок для малых водопроводов нет и следует считать весьма актуальной проблемой их разработку и исследование.

Во второй главе обращено внимание на специфику железнодорожного водоснабжения, которое характеризуется

- разнообразием схем;
- преобладанием водоснабжений небольшой производительности с множеством индивидуальных, подающих воду потребителям без очистки.

С учетом этой специфики в главе приведена краткая характеристика фторсодержащих реагентов, выпускаемых нашей промышленностью и дано их технико-экономическое сравнение.

Наиболее дешевыми по стоимости оказались кремнефтористоводородная кислота и флюорит.

Все реагенты нашедшие в СССР применение для фторирования питьевой воды (кремнефтористый натрий, фтористый натрий, фторид-бифторид аммония, кремнефтористоводородная кислота) - яды. При их использовании необходимо соблюдать особые требования техники безопасности, чтобы предупредить отравление ими обслуживающего персонала водочистных или насосных станций. Необходим также постоянный контроль за количеством фтора в воде во избежание передозировки.

НТБ
ДНУЖТ

Определение фтора в воде по существующим методам требует значительных затрат труда лаборантами высокой квалификации и сложного оборудования. На водоснабжениях малых, к которым следует отнести железнодорожные, сельские и небольших поселков городского типа, обычно лаборатории отсутствуют. К тому же их обслуживает обычно менее квалифицированный персонал. Применение на этих водоснабжениях ядовитых фторсодержащих реагентов опасно или сопряжено с риском. Здесь следует использовать реагент надежный в смысле обеспечения охраны труда, предупреждения возможной передозировки и безопасный в обращении с ним.

Из всех фторсодержащих реагентов для малых водоснабжений наиболее целесообразно применять флюорит, ввиду следующих его преимуществ перед другими фторсодержащими реагентами. Он:

- а) наименее токсичен для обслуживающего персонала по сравнению с другими реагентами;
- б) является природным минералом и местным сырьем для многих районов СССР. Фторсодержащие реагенты, получаемые из него не требуют строительства химических заводов, загрязняющих внешнюю среду;
- в) удобен для транспортировки;
- г) ввиду малой растворимости позволяет отказаться от постоянного контроля за количеством фтора в воде;
- д) один из наиболее дешевых фторсодержащих реагентов.

Применяя флюорит, наиболее рационально обогащать воду содержащимся в нем фтором фильтрационным методом, пропуская ее через дробленый минерал. Этот метод имитирует

НЕ
ДНУЖТ

естественный процесс: природная вода обогащается фтором при фильтрации через фторсодержащие породы.

К загрузке фильтров предъявляются требования в отношении механической прочности. Согласно СНиП II-31-74 для загрузки фильтров могут применяться материалы, удовлетворяющие санитарно-гигиеническим требованиям и обладающие механической прочностью.

Нами был исследован флюоритовый песок, полученный путем дробления флюорита марки Ф-95. Механическая прочность песка характеризуется измельчаемостью и истираемостью, которая определялась по методике, изложенной в "Правилах технической эксплуатации водопроводов и канализации".

В табл. I приводятся данные по измельчаемости и истираемости промытого флюоритового песка марки Ф-95 и, для сравнения, других материалов, применяемых для загрузки фильтров.

Таблица I

Изм. пп	Наименование материалов	Удельный вес	Измельчае- мость, %	Истирае- мость %
1	2	3	4	5
1.	Флюоритовый песок Ф-95	3,2	1,78	0,01
2.	Песок Вольского карьера	2,7	0,87	0,18
3.	Дробленный антрацит	1,7	3,66	0,35
4.	Керамзит	2,2	4,3	0,8
5.	Горелая порода	2,5	5,5	0,8
6.	Мраморная крошка	2,7	3,4	0,5

Приведенные выше показатели механической прочности

флюоритового песка соответствует нормативам (измельчаемость до - 4%, истираемость \approx 0,5%). Среди других материалов, используемых для загрузки фильтров, флюоритовый песок по механической прочности уступает только песку из Вольского карьера.

Отсюда можно сделать вывод, что флюоритовый песок вполне пригоден для загрузки фильтров-фтораторов, проходя через которые вода будет обогащаться фтором.

В третьей главе излагаются результаты экспериментальных исследований применения дробленного флюорита для целей фторирования питьевой воды.

Пробные исследования проводились на моделях прямо-точного и противоточного фильтров.

Фильтр № I - напорный прямоточный изготовлен из латуинной трубки с внутренним диаметром 28 мм и высотой 60 см. Конец трубки, имеющий отверстие с внутренней нарезкой М I4, навинчивается на водоразборный кран с наружной резьбой (на конце). Внизу трубки закреплена сетка с отверстиями диаметром 0,5мм.

Фильтр № 2 безнапорный изготовлен из стеклянной трубки внутренним диаметром 24мм.

Результаты исследований на моделях фильтров приведены в табл. 2.

Вторая серия опытов была проведена на опытных установках, которые могут служить как производственные при индивидуальном фторировании.

НТБ
ДНУЖТ

Таблица 2

Установка	Загрузка		Скорость фильтро- вания, м/ч	Объем прошед- шей воды, л	Прирост фтор- иона в фильтрате, мг/л
	крупность, мм	высота, см			
№ I	5-8 непромыта	50	400-480	II 243	0,3 0,8
№ I	5-8 промыта 0,26-I непромыта	27	I3-90	2	0,6
		26	I3-54	202	0,2
№ 2 Фильтрование противо- точное	8,5	I5	30-I40	35	0,8
	3-2	59		62	0,8
	2-I непромыта	29			
№ 2 Фильтрова- ние прямо- точное	"	"	20-40	64	0,2

Установка № 3 - фильтр, изготовленный из поли-
этилена в виде цилиндра диаметром 110мм, высотой 22 см. Внутри
фильтра между двумя полиэтиленовыми решетками засыпается загруз-
ка из дробленого фторита. Фильтрование происходит снизу вверх
без расширения загрузки.

На этом фильтре исследовалась зависимость сте-
пени обогащения питьевой воды фтором от высоты загрузки и каче-
ства воды.

Степень обогащения питьевой воды фтором (С)
показывает во сколько раз увеличивается количество фтор-ионов
в фильтрате по сравнению с их содержанием в исходной воде

$$C = \frac{F_2}{F_1}, \text{ где}$$

НТБ
ДНУЖТ

F_{ϕ}^{-} - количество фтор-ионов в фильтрате;

F - количество фтор-ионов в исходной воде.

Установка № 4 - напорный фильтр, изготовленный из стеклянного цилиндра с внутренним диаметром 123мм и высотой 48 см, фиксированного болтами и фланцами из оргстекла и стали. Фильтр загружен флюоритовым песком крупностью 1-0,5мм, помещенным в мешок из марли. В нижней части загрузки установлены электроды из нержавеющей стали. Расстояние между электродами 1 см. На установке № 4 исследовалось влияние электролиза на растворимость дробленного флюорита. Ток подавался через выпрямитель типа ВСА5А-К, напряжение изменялось от 6 до 36в. Увеличения количества фтор-ионов при электролизе не наблюдалось.

Установка № 5 - напорный переносной проточный фильтр, изготовленный из винилпласта. Диаметр фильтра 150мм., высота - 250мм.

Установка № 6 - безнапорный фильтр, изготовленный из асбестоцементной трубы внутренним диаметром 141 мм, высотой 3м. В нижней части труба заделана в стакан, изготовленный из стали. К стакану приварен штуцер с водоразборным краном.

Результаты исследований на опытных установках зависимости степени обогащения питьевой воды фтором от высоты загрузки и качества воды приведены в табл. 3.

Высота загрузки на установках № 3 и 5 увеличивалась многократным пропусканием через них одного и того же объема воды. рН изменялось путем добавления в воду соляной кислоты или бикарбоната натрия.

Таблица 3

Опытная установка №	Загрузка		Скорость фильтрования, м/час	Время работы фильтра, час	Прирост фтор-иона в фильтрате, мг/л
	крупность мм	высота слоя, см			
6 T=4-6°C pH=7,4	20-10	20	4-18 4-18	0,5	1
	10-5 5-2 непромытая	10 10 10		3,0	0,3
6 T=3-19°C pH=7,4	20-10	20	2-10	10	1,2
	10-5 5-2 промытая 1,2-0,5 непромытая	10 10 35		30 363	0,6 0,3
8 T=6-13°C pH=7,4	1-0,5 промытая, прогенерированная	20	4-5	15	0,4
		220	4-7	15	0,4
3 T=6°C pH=6,5		40	4	15	1,4
		220	4	15	1,4
5 T=10°C pH=8,3	0,5-1	12	8 8 9	3	0 0 0
	0,3-0,5 промытая, прогенерированная.	3 30 120			
5 T=13°C pH=7,4 ?		30	9	4	0,6
		120	9		0,6

Исследования, проведенные на моделях фильтров и опытных установках позволяют сделать следующие выводы:

НТБ
ДНУЖТ

1. Фторирование питьевой воды можно осуществить путем фильтрования ее через флюоритовую загрузку на фильтрах разнообразных конструкций.

2. При проектировании фильтров лишь с целью фторирования воды они должны быть противоточными. Это упростит их эксплуатацию, так как отпадает необходимость во взрыхлении загрузки.

3. При применении для загрузки фильтров дробленного непромытого флюорита его необходимо промыть до получения в фильтрате оптимального количества фтора и произвести дезинфекцию загрузки.

4. Ввиду разнообразных свойств воды и флюорита в каждом конкретном случае необходимо производить опытное фторирование воды на модели фильтра.

5. При обогащении фтором очищенной воды с $pH=7,4$ и содержанием кальций-иона 60 мг/л степень обогащения со временем работы фильтра уменьшается и при скоростях $4-9 \text{ м/ч}$. не зависит от высоты загрузки. С изменением скорости в пределах $4-18 \text{ м/ч}$. степень обогащения изменяется незначительно.

6. С уменьшением pH воды степень обогащения воды фтором увеличивается.

7. При пуске фильтра после длительной остановки в первых пробах наблюдается повышенное количество фтора, но оно не превышает $1,2 \text{ мг/л}$.

В четвертой главе описано исследование методов регенерации загрузки из дробленного флюорита. увеличением количества профильтрованной через загрузку воды степень обогащения

НТБ
ДНУЖТ

ее фтором уменьшается поскольку на зернах флюорита образуется пленка из менее растворимых чем флюорит соединений, которая изолирует загрузку флюорита от воды. При снижении в фильтрате содержания фтора до 0,5 мг/л необходимо произвести ее регенерацию.

На основании исследований установлено, что для регенерации загрузки наиболее рационально применять растворы 2-5% соляной кислоты, подогретой до 30°C.

Приведены данные по исследованию предварительного омагничивания фильтруемой воды в магнитном поле постоянного магнита напряженностью 350 эрстед на установке № 3. Омагничивание увеличивает степень обогащения воды фтором в 5 раз из-за увеличения растворимости малорастворимых соединений

В пятой главе на основе проведенных исследований приводится описание разработанных конструкций фильтров-фтораторов для малых централизованных и нецентрализованных водопроводов и изложен порядок их расчета.

Растворимость дробленного флюорита в основном зависит от типа установки, крупности песка (поверхности контакта), pH воды, содержания в воде ионов кальция, температуры воды, скорости фильтрования (перемешивания).

Следовательно:

$$P = f(d, \text{pH}, \text{Ca}^{2+}, T, U),$$

где P - растворимость дробленного флюорита;

d - диаметр песчинок;

pH - концентрация водородных ионов в воде;

Ca^{2+} - содержание в воде ионов кальция;

T - температура;

U - скорость

НАУКОВО-ТЕХНІЧНА БІБЛІОТЕКА
Дніпропетровського національного
університету залізничного транспорту
Імені академіка В.Лазаряна

НТБ
ДНУЖТ

64809

При этом как показали исследования, растворимость тем больше, чем меньше диаметр фракций, содержание ионов кальция и чем больше температура воды и скорость фильтрования.

Скорость фильтрования влияет на растворимость загрузки из дробленного флюорита. При ее увеличении уменьшается время контакта загрузки с водой, но увеличивается перемешивание, что увеличивает растворимость.

При проектировании фильтра-фторатора выбор его конструкции зависит от качества воды. Чем выше рН и содержание ионов кальция в воде тем меньшим должен быть диаметр загрузки. Для предотвращения выноса мелких зерен загрузки с фильтратом возможно применение пористых патронов с микроскопическими порами или устройство дренажа из дренажных колпачков и плавающего фильтра из вспененного полистирола.

В главе описаны конструкции фильтров, которые применимы для индивидуального фторирования питьевой воды. Они могут найти широкое применение и при централизованном водоснабжении при содержании фтора в воде больше 0,5 мг/л для доведения его количества до оптимального.

Порядок проектирования и расчета фтораторной установки следующий:

1. В зависимости от качества воды выбирается диаметр загрузки и конструкция фтораторной установки.

2. На модели фильтра при высоте слоя загрузки допускаемой для данной конструкции фильтра проверяется степень обогащения питьевой воды фтором при рабочих скоростях.

3. Определяется время работы фильтра до уменьшения растворимости флюорита до 0,8 мг/л по фтору.

НТБ
ДНУЖТ

4. Выбирается метод регенерации.

5. Составляется инструкция по обслуживанию фильтра.

В шестой главе дана оценка экономической эффективности предлагаемого способа обогащения питьевой воды фтором по сравнению с существующими методами централизованного и индивидуального фторирования.

При фторировании по предлагаемой нами технологии, ввиду малой растворимости дробленного фторита и снижения его растворимости во времени, передозировка исключена и, следовательно, можно отказаться от постоянного контроля за количеством фтора в воде. При окладе лаборанта 80 руб. в месяц экономия лишь за счет штата с учетом начислений составит 5000 руб. в год.

При индивидуальном фторировании по предлагаемой нами технологии фторируется лишь вода, идущая на питьевые нужды. Существующие методы подвергают фторированию всю водопроводную воду, большая часть которой расходуется на хозяйственные нужды.

Для пункта водоснабжения с количеством населения 1800 чел. и расходом воды $5000 \text{ м}^3/\text{сут.}$ экономия за первый год эксплуатации по сравнению с фтораторной установкой для такого же поселка по типовому проекту, составленному Центральным институтом экспериментального проектирования городов составит 13000 руб. В дальнейшем ежегодная экономия за счет штата и эксплуатационных расходов составит 6000 руб. в год.

В седьмой главе работы излагаются выводы и предложения, вытекающие из результатов исследования.

НТБ
ДНУЖТ

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ.

1. Флюоритовый песок можно использовать для фторирования питьевой воды фильтрационным методом на фильтрах разнообразных конструкций. Особенно удобно для этой цели применять напорные фильтры с фильтрованием снизу вверх.

2. Возможно индивидуальное обогащение питьевой воды фтором на фильтрах типа № 3,5 или других конструкций с регенерацией загрузки по мере ее истощения.

3. Для разработки рекомендаций по проектированию фтораторной установки необходимо произвести пробное фторирование в каждом отдельном случае на модели фильтра.

4. При фторировании воды с применением флюоритового песка нет необходимости в постоянном контроле за количеством фтора в воде, ввиду его малой растворимости и уменьшения ее с увеличением времени работы фильтра. После снижения количества фтора в фильтрате до $0,5 \text{ мг/л}$ необходима регенерация загрузки.

5. Фторирование питьевой воды флюоритом по предлагаемому в диссертации технологическим схемам:

- а) экономичнее в строительстве и эксплуатации;
- б) в большей мере отвечает требованиям охраны труда и техники безопасности.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНО В

СЛЕДУЮЩИХ СТАТЬЯХ:

1. Экспериментальное исследование применения флюорита для фторирования питьевой воды. В сб. "Тезисы докладов

НТБ
ДНУЖТ

ХУП научно-технической конференции института "ДИИТ.Днепропетровск, 1967.

2. Выбор реагента для фторирования питьевой воды. В сб. "Вопросы гидравлики, водоснабжения и канализации на железнодорожном транспорте". ДИИТ. Вып. 74, Днепропетровск, 1968.

3. Экспериментальное исследование возможности применения плавикового шпата для фторирования воды. В сб. "Вопросы гидравлики, водоснабжения и канализации на железнодорожном транспорте". ДИИТ. Вып. 74, Днепропетровск, 1968.

4. Фторирование питьевой воды при нецентрализованном водоснабжении. В сб. "Вопросы гидравлики, водоснабжения и канализации на железнодорожном транспорте". ДИИТ. Вып. 75, Днепропетровск, 1968. (соавтор Белан А.Е.).

5. К вопросу использования механической прочности фторитового песка. В сб. "Вопросы гидравлики, водоснабжения и гидротехники на железнодорожном транспорте". ДИИТ. вып. 93. Днепропетровск, 1968.

6. Фторирование питьевой воды на малых железнодорожных водоснабжениях. В сб. "Вопросы гидравлики, водоснабжения и гидротехники на железнодорожном транспорте". ДИИТ. вып. 93. Днепропетровск, 1968.

7. К вопросу об использовании опыта фторирования питьевой воды. В сб. "Вопросы гидравлики, водоснабжения и гидротехники на железнодорожном транспорте". ДИИТ, вып. 102. Киев, 1970. (соавтор Белан А.Е.).

8. Технологические свойства фторитового песка. В сб. "Вопросы гидравлики, водоснабжения и канализации на железнодорожном транспорте" ДИИТ, вып. 112. Днепропетровск, 1970.

НИИ
ДНУЖТ

9. Автоматизация дозирования фторсодержащего реагента. В сб. "Вопросы гидравлики, водоснабжения и канализации на железнодорожном транспорте". ДИИТ, Вып. II2. Днепропетровск, 1970.

10. Исследование фильтрационного метода фторирования питьевой воды. В сб. "Материалы юбилейной научно-технической конференции института". ДИИТ, Днепропетровск, 1970.

11. Фторирование питьевой воды фильтрационным методом. В сб. "Всесоюзной научно-технической конференции "Охрана водных ресурсов от загрязнения и их рациональное использование в народном хозяйстве". Ровно, 1972. (савтор Белан А.Е.).

12. Фторирование питьевой воды при местном водоснабжении. В сб. "Водоснабжение, канализация и гидротехника на железнодорожном транспорте". ДИИТ, вып. I47. Днепропетровск, 1973.

13. Изменение качества воды при фильтрации ее через флюоритовый песок. В сб. "Водоснабжение, канализация и гидротехника на железнодорожном транспорте". ДИИТ, Вып. I54. Днепропетровск, 1974.

14. Обогащение питьевой воды фтором при фильтрации через дробленый флюорит. В сборнике материалов республиканской научно-технической конференции "Совершенствование технологии очистки питьевой воды и автоматизации водопроводных сооружений". Харьков, 1974.

НТБ
ДНУЖТ

Исследование технологии фторирования
питьевой воды флюоритом

10.10.1975 г. БТ 33026. Сдано в производство 14.10.1975г. формат 60x84 1/16. Усл.печ.л. 1,5. Тираж 150 экз. Заказ № 12004. Бесплатно.

Городская типография № 3. Днепропетровского областного управления по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
320002. г.Днепропетровск, ул.Фрунзе, 6.