

Подготовка питьевой воды из шахтных вод

1. Введение:

Питьевая вода, не соответствующая санитарно-гигиеническим требованиям, несет угрозу массовых заболеваний населения, повышенной смертности (особенно у детей), обостряет социальную ситуацию. По данным ВОЗ более 80 % всей заболеваемости человека непосредственно связано с использованием некачественной воды, в состав которой входят разные вещества, которые могут вызывать токсические эффекты, в том числе мутагенные и канцерогенные. В связи с этим очень важно оценивать влияние воды на организм человека, который на 80 % состоит из воды.

По-прежнему, одной из основных проблем является подача воды по графикам или полное прекращение ее подачи в течение суток и более. В результате отсутствуют условия для соблюдения санитарно-противоэпидемического режима на объектах повышенного эпидемического риска: детских и подростковых учреждениях, пищевых объектах, ЛПУ, снизился уровень личной гигиены населения и санитарно-бытового режима в жилых домах, особенно в домах повышенной этажности. Из-за отсутствия воды население вынуждено использовать другие случайные источники, вода которых не отвечает санитарным нормам. В связи с недостаточным количеством воды нарушается технологический процесс работы канализационных систем и очистных сооружений, что приводит к аварийным ситуациям.

В тоже время, из большинства ликвидированных шахт осуществляется постоянная откачка воды в целях обеспечения безопасного ведения горных работ на прилегающих предприятиях и недопущения подтопления поверхности. Объемы откачиваемой воды и ее качественный состав, приведенные в таблице, показывают, что при применении соответствующих технологий очистки воды их можно рассматривать как альтернативные источники хозяйственно-питьевого водоснабжения.

При этом, появляется возможность исключения из схем водоснабжения городов магистральных водоводов большой протяженности.

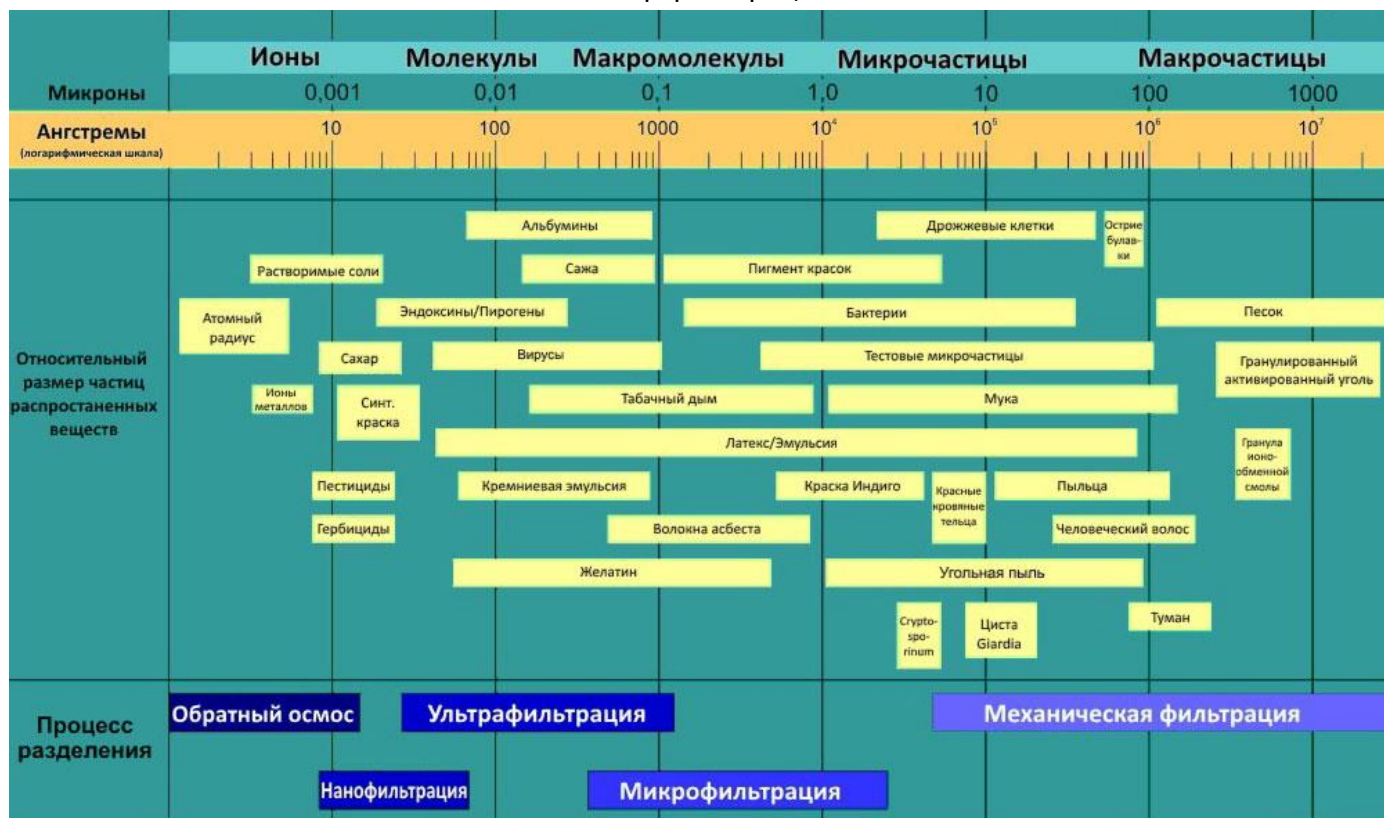
Целью настоящего предложения является разработка современных технологических схем и оценка экономической целесообразности применения установок комплексной, мембранной очистки воды шахтных вод до уровня требований ГОСУДАРСТВЕННЫЕ САНИТАРНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА "Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной для потребления человеком" (ГСанПиН 2.2.4-171-10)

Были рассмотрены различные варианты технологических схем очистки шахтных вод для питьевого водоснабжения, но предпочтение было отдано мембранным технологиям, позволяющим решить задачу санитарно-эпидемиологической защищенности очищенной воды без организации в полном объеме зон санитарной охраны, согласно требованиям СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения». При этом была разработана принципиальная технологическая схема, учитывающая все необходимые узлы для многостадийной очистки воды.

В этой связи следует особо остановиться на гранулометрическом составе исходной воды, так как механические, гравитационные, сетчатые, картриджные, мешочные и тонкопленочные мембранные фильтры – это по сути сита с различными отверстиями в рабочей поверхности, для пропуска одних веществ и задержания других. Как известно, в воде в растворенном или взвешенном виде находятся различные вещества, классификация которых по геометрическим размерам дана на диаграмме «Спектр фильтрации» Там же представлены диапазоны эффективной фильтрации различных частиц и веществ. Из этих данных можно сделать вывод о том, что через

отверстия в рабочей поверхности обратноосмотической мембраны размером от 1 до 15 Å (1·10⁻¹⁰...1·10⁻⁹ м) проходят только молекулы воды и незначительная часть, не более 1,5 – 0,5 %, растворенных солей.

«Спектр фильтрации»



1 микрон = 10⁻⁶ метр

1 ангстрем = 10⁻⁴ микрон = 10⁻¹⁰ метр

При этом мембраны ультрафильтрации с размером пор 0,02 мкм могут задерживать не только органические загрязнения, а также бактерии и вирусы. Что является по сути без реагентным методом обеззараживания воды.

Таким образом, используя мембранные технологии очистки воды можно получить, обессоленную, до определённых параметров и обеззараженную воду.

Вместе с тем, согласно требованиям ГСанПиН 2.2.4-171-10, в питьевой воде должны присутствовать различные соли для обеспечения человека жизненно важными минеральными компонентами. Это, прежде всего, такие элементы, как кальций, магний, фтор и т.д. Отсюда вытекает целесообразность не полного, а только частичного, управляемого обессоливания исходной воды с обязательным удалением бактерий и вирусов.

Учитывая требования минимизации капитальных и эксплуатационных затрат, а в итоге – снижения себестоимости очистки 1 м³ воды, для достижения этой цели применимы технологические схемы с такими основными процессами как:

- удаление взвешенных частиц на дисковых или сетчатых фильтрах с максимальным размером частиц от 200-300 мкм;
- очистка воды от органических примесей, цветности и мутности и одновременного безреагентное обеззараживания на мембранах ультрафильтрации;
- разделение и подача части потока предварительно профильтрованной воды для обессоливания на установках обратного осмоса;

- подача остальной части очищенного на ультрафильтрации потока воды по вспомогательной линии (байпасу) – в миксер для смешения с обессоленной водой после выход из машины обратного осмоса в целях корректировки нормируемых показателей качества воды.
- подача в миксер необходимых корректирующих добавок, обеззараживающего хлорсодержащего реагента в количестве, гарантирующем санитарно-эпидемиологическую защиту резервуара-накопителя кондиционной воды и водопроводных сетей на пути к потребителям.

Как следует из приведенного выше, применение такой технологической схемы обеспечивает не только получение питьевой воды из исходной воды, практически произвольного качества, но и как минимум, трехступенчатую санитарно-эпидемиологическую защиту, как обрабатываемой воды, так и оборудования станций очистки.

2. Общие сведения о количестве и качестве подземных шахтных вод

В закрываемых шахтах, производится или запроектирована откачка воды водоотливными установками или погружными насосами. В настоящее время, откачиваемая шахтная вода после механической очистки сбрасывается в гидрографическую сеть.

Вместе с тем, как показывают расчеты, при соответствующей очистке она может быть использована для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Общий объём сбрасываемых шахтных вод шахты «5/6» в среднем составляет около **6000 м³/сутки (250 м³/час).**

Качественный состав шахтной воды, предлагаемых в качестве альтернативных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, приведен в таблице:

№	Наименование	Шахта «5/6»	Ед изм.
1.	Минерализация	3135	мг/л
2.	Жёсткость	20,1	мг-экв/л
3.	ХПК	3,9	мг/л
4.	Хлориды	350	мг/л
5.	Сульфаты	1487	мг/л
6.	Нитраты	9,6	мг/л
7.	рН	8,2	
8.	Фосфаты	0,0	мг/л
9.	Аммоний	0,5	мг/л
10.	Взвешенные вещ-ва	19,6	мг/л

3. Технологические схемы очистки подземных шахтных вод

В основу технологического решения подготовки данного предложения заложен принцип современной мембранной очистки воды, который состоит из следующих этапов:

- предварительная очистка исходной воды от механических примесей;
- дальнейшая глубокая фильтрация и обеззараживание предварительно очищенной воды;
- обессоливание части воды на обратноосмотических установках;
- смешивание части очищенной воды, не прошедшей обессоливание, с доведением обработанной воды до кондиции качества питьевой, удовлетворяющей показателям санитарных норм

Одно из основных требований при выборе технологии очистки и кондиционирования исходной воды – достижение минимально возможной себестоимости 1 м³ питьевой воды.

Схема очистки шахтных вод предусматривает максимальное использование оборудования мировых лидеров в области производства мембран ультрафильтрации и обратного осмоса.

Технология и оборудование очистки включают в себя, следующие основные технологические операции:

- очистка исходной воды от взвешенных веществ размером свыше 200-300 мкм на автоматических дисковых или сетчатых самопромывных фильтрах;
- дальнейшая фильтрация и обеззараживание всего потока воды на ультрафильтрационных мембранах, установках ультрафильтрации. Процесс ультрафильтрации обеспечивает удаление всех частиц размером более 0,002 мкм, включая такие как коллоиды, твердые частицы, а также бактерии и вирусы. Фильтрат, получаемый в процессе очистки на мембранах ультрафильтрации, является полностью очищенным от любых частиц и пригоден как для непосредственного употребления, так и для подачи на обратноосмотическую установку (ОО-машину);
- обессоливание (части потока) на обратноосмотической установке с дозировкой, перед мембранами бисульфита натрия и антискайланта;
- смешивание и усреднение потоков воды в резервуарах запаса чистой воды;
- обеззараживание чистой воды гипохлоритом натрия.

Для процесса очистки исходной воды предусматривается дозирование следующих растворов реагентов:

- растворов моющих химических реагентов для периодической химической промывки мембран ультрафильтрации и обратного осмоса;
- раствора гипохлорита натрия - для обеззараживания исходной и чистой воды;
- раствора антискайланта – для предотвращения солей жесткости на мембранах обратного осмоса;
- раствора бисульфита натрия – для нейтрализации остаточного хлора перед установками обратного осмоса;

Удаление накопившихся частиц на мембранах ультрафильтрации предусматривается наносными агрегатами обратной промывки.

В процессе обессоливания образуются концентрат и промывные воды от очистки мембран, которые отводятся в бытовую канализацию города, или, после предварительного отстаивания и разбавления избытком неиспользуемых шахтных вод, в гидрографическую сеть.

4. Проектная мощность станций очистки, качество очищенной воды.

Производительность станции очистки, принята исходя из эксплуатационных запасов шахтных вод, а также потребности в питьевой воде и приведены, соответственно в таблице:

№ п/п	Наименование показателя	«5/6»
		м ³ /сут
1.	Общее количество шахтных вод откачиваемых на поверхность	6000
2.	Общее количество шахтных вод подаваемых на очистку	6000
3.	Общее количество очищенной воды после установки	4224
4.	Расход сточных вод от станции очистки в том числе:	
	- ультрафильтрация	720
	- обратный осмос (ОО)	1056

Показатели качества воды, обработанной мембранными технологиями, удовлетворяют гигиеническим требованиям (СанПиН 2.2.4-171-10), приведенным в таблице 5.1.

Таблица 5.1: Показатели качества воды до и после очистки.

№ п/п	Анализируем компонент	Исходная вода	Очищенная вода	Сброс ОО	Единицы измерения
1.	Кальций	261	32	1268	мг/л
2.	Магний	49	10	330	мг/л
3.	Жёсткость	21	2,2	78	мг-экв/л
4.	Натрий	490	70	2550	мг/л
5.	Хлориды	350	47	1735	мг/л
6.	Сульфаты	1487	175	6790	мг/л
8.	рН	8,2	7,3	8,3	
9.	Температура	5	5	5	С ⁰
10.	Минерализация	3100	400	13300	мг/л

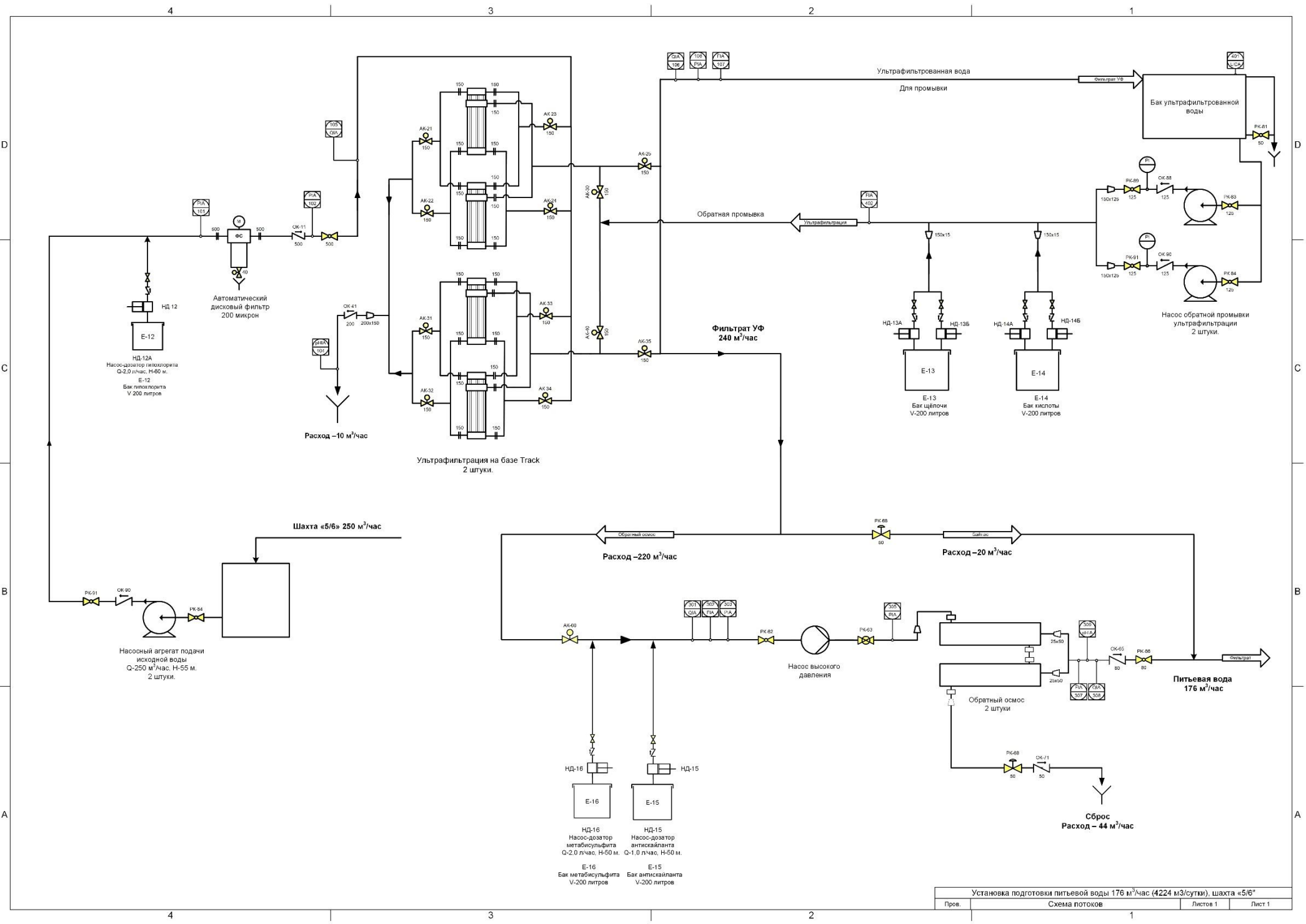
6. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ

Эксплуатационные расходы на производство питьевой воды определены расчётным путём по элементам затрат в ценах, действующих на момент подготовки предложения.

В сводном виде эксплуатационные расходы по очистке шахтной воды производительностью по элементам затрат приведены в таблице:

Шахта «5/6» 4224 м³/сутки очищенной воды:

Параметр	Расход в сутки	Расход на 1 м ³ фильтрата	Цена за ед., USD	Общая стоимость на 1 м ³ фильтрата, USD
Электроэнергия, с учётом насоса подачи, кВт	4200	1,02	0,09	0,086
<i>Ультрафильтрация:</i>				
Кислота серная H ₂ SO ₄ (44%), кг	19,0	0,005	0,2	0,001
Щёлочь NaOH (40%), кг	25,0	0,006	0,3	0,002
Гипохлорит натрия NaOCl (12%) (периодическая дозировка), л	7,0	0,002	0,4	0,001
Замена мембран после 5-ти лет эксплуатации, штук	52,0		2200	0,0015
<i>Обратный осмос:</i>				
Антискайлант (100%), л	9,3	0,002	3,8	0,009
Метабисульфит (24%), л	8,0	0,002	0,8	0,0016
Гипохлорит натрия NaOCl, (12%) пост-хлорирование фильтрата, л	75,0	0,018	0,4	0,007
Замена мембран после 5-ти лет эксплуатации, штук	144		550	0,011
ИТОГО:				0,13



Установка подготовки питьевой воды 176 м³/час (4224 м³/сутки), шахта «5/6»

Пров.	Схема потоков	Листов 1	Лист 1
-------	---------------	----------	--------

