

## 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.

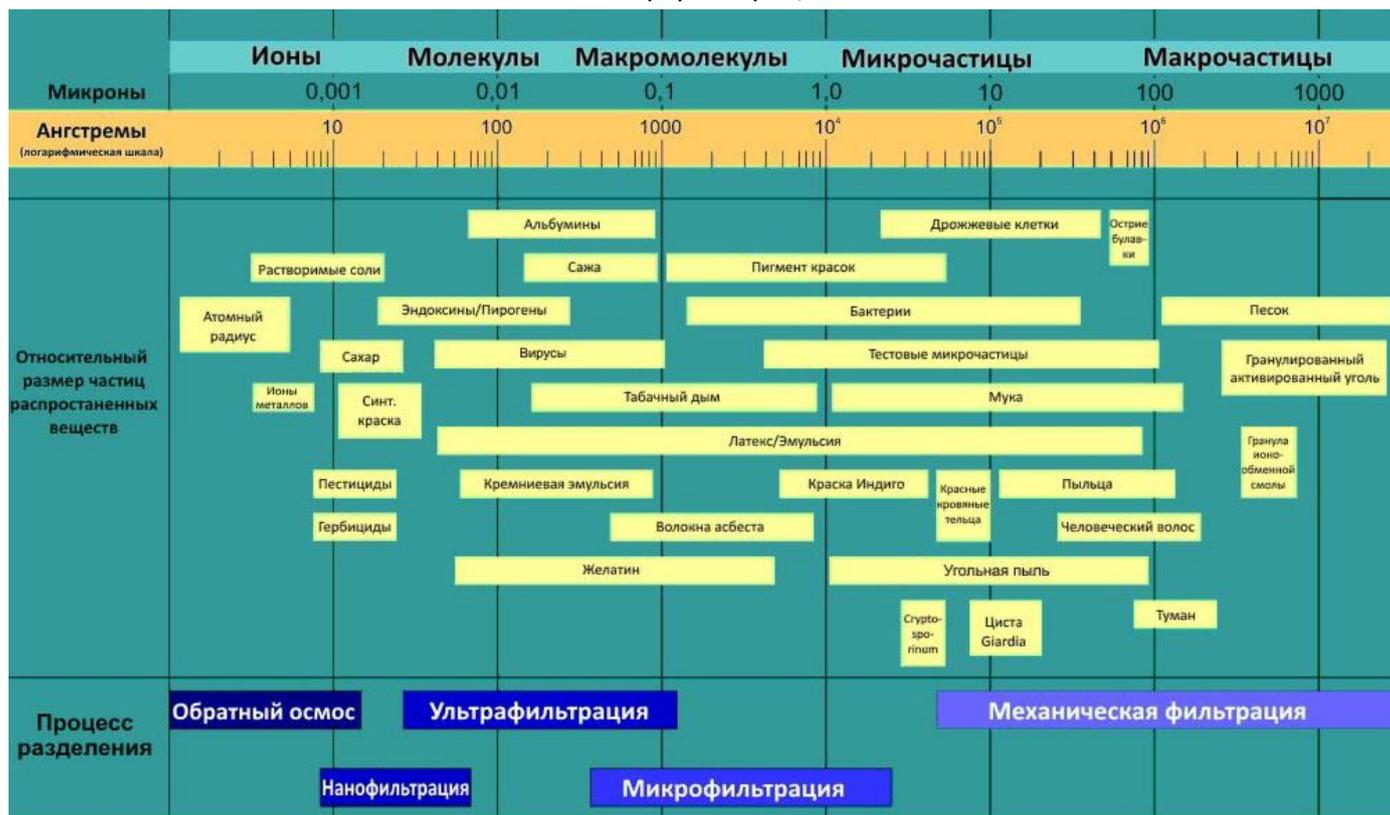
Целью настоящего предложения является разработка современных технологических схем и оценка экономической целесообразности применения установок комплексной, мембранной очистки воды шахтных вод до уровня требований ГОСУДАРСТВЕННЫЕ САНИТАРНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА "Гигиенические требования к воде питьевой, предназначенной 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<sup>-10</sup>...1·10<sup>-9</sup> м) проходят только молекулы воды и незначительная часть, не более 1,5 – 0,5 %, растворенных солей.

### «Спектр фильтрации»



1 микрон = 10<sup>-6</sup> метр

1 ангстрем = 10<sup>-4</sup> микрон = 10<sup>-10</sup> 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 м<sup>3</sup> 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 м<sup>3</sup>/сутки (250 м<sup>3</sup>/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	<b>20,1</b>	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 мембраной 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 м<sup>3</sup> 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 <sup>3</sup> /сут
1.	Общее количество шахтных вод откачиваемых на поверхность	6000
2.	Общее количество шахтных вод подаваемых на очистку	6000
3.	<b>Общее количество очищенной воды после установки</b>	<b>4224</b>
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	<b>21</b>	<b>2,2</b>	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 <sup>0</sup>
10.	Минерализация	<b>3100</b>	<b>400</b>	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 м<sup>3</sup>/сутки очищенной воды:

Параметр	Расход в сутки	Расход на 1 м <sup>3</sup> фильтрата	Цена за ед., USD	Общая стоимость на 1 м <sup>3</sup> фильтрата, USD
Электроэнергия, с учётом насоса подачи, кВт	4200	1,02	0,09	0,086
<i>Ультрафильтрация:</i>				
Кислота серная H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (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
<b>ИТОГО:</b>				<b>0,13</b>





