

УДК 614.8.084

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДОЙ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС И НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Каминский А.А.*

*Учреждение образования «Институт переподготовки и повышения квалификации МЧС Республики Беларусь»

В статье рассмотрена возможность обеспечения населения и личного состава мелких подразделений МЧС питьевой водой в районах чрезвычайных ситуаций с использованием переносных фильтров. Приведена методика определения производительности таких фильтров, расчет необходимого их количества и некоторые требования к ним.

Всеобщее загрязнение окружающей среды в результате повседневной сельскохозяйственной, промышленной и коммунально-хозяйственной деятельности человека привело к тому, что природные воды оказались загрязненными настолько, что их употребление для питьевых целей без очистки оказалось вредным для здоровья человека. Очень часто деятельность человека приводит к экологическим катастрофам, в результате которых происходит загрязнение почв и водоемов вредными химическими веществами.

В условиях прогрессирующего загрязнения окружающей среды, в том числе источников воды, обеспечение населения и личного состава аварийно-спасательных подразделений водой питьевого качества представляет собой сложную инженерно-техническую задачу.

Поверхностные источники воды могут быть заражены отравляющими и радиоактивными веществами и бактериальными средствами при разрушении (авариях) потенциально опасных объектов, а также в результате стихийных бедствий.

Перед употреблением необходимо произвести очистку (обработку) воды. Очистка воды имеет целью изменение качества природной воды и состоит из ряда технологических процессов. Выбор их зависит от качества природной воды и от требований, предъявляемых к воде при употреблении ее для различных нужд.

Очистка воды включает:

- осветление – удаление взвешенных механических и коллоидных примесей;
- обесцвечивание и устранение неприятных запахов;
- обеззараживание – уничтожение болезнетворных микроорганизмов;

- обезвреживание – разрушение и удаление отравляющих токсических (ядовитых) веществ;
- дезактивацию – удаление радиоактивных веществ;
- опреснение – снижение концентрации солей до допустимой нормы.

Осветление выполняется путем введения в воду коагулянтов, способствующих укрупнению находящихся в ней взвешенных частиц, лучшему их осаждению и более качественному фильтрованию. При этом избыточное количество этих химических элементов оказывается в питьевой воде, что неблагоприятно сказывается на ее качестве.

Согласно действующим стандартам, питьевая вода (и водопроводная в том числе) должна быть безопасна в эпидемиологическом, радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

Наибольшую опасность представляют вредоносные микроорганизмы, бактерии и вирусы. Кроме них в воде присутствуют продукты их жизнедеятельности - токсины. Присутствующие в питьевой воде ионы тяжелых металлов (медь, свинец, кадмий, ртуть, цинк, стронций и др.) - тоже чрезвычайно вредная вещь, к тому же они способны накапливаться в организме и могут дать о себе знать даже по прошествии многих лет. Кроме того, в воде могут содержаться и другие растворенные органические вещества, среди которых самыми вредными являются хлороформ, пестициды, фенол и бензол. Одним из наиболее распространенных методов обеззараживания воды является хлорирование, применяемое в настоящее время для водопроводной воды. Однако хлор не только убивает вредные микроорганизмы, но также вступает в химические реакции и образует вредные для здоровья соединения. Например, если в водопроводной воде содержится фенол, то при реакции с хлором образуются очень ядовитые хлорфенольные соединения. Ну и, конечно, в воде присутствует растворенный свободный хлор, оставшийся после хлорирования, он легко определяется по резкому запаху. Употребление такой воды вредно для здоровья. Кроме того, вода содержит также соли кальция, магния, натрия, калия, но они-то как раз и не вредны, а более того, и необходимы человеческому организму (естественно, в небольших количествах). Известно, что кипячение как способ обеззараживания и очистки воды на самом деле плохо справляется со своей задачей. При этом погибают некоторые микроорганизмы, однако соли тяжелых металлов остаются в воде, да к тому же при кипячении разрушаются полезные вещества - соли кальция, магния (они остаются в виде накипи на стенках вашего чайника). Так что кипячение лишь частично решает проблему очистки воды, да и то не лучшим образом.

По принципу действия установки по очистке воды делятся на несколько типов. Первый тип, самый простой, - это собственно фильтры, т.е.

устройства, очищающие воду с помощью механической фильтрации. В зависимости от размеров отверстий (пор) различают микрофильтры (они не пропускают крупные нерастворимые частицы - песок, ржавчина и т.п.), ультрафильтры (эти задерживают даже такие мелкие частицы, как бактерии). Еще более глубокую очистку осуществляют системы очистки воды на основе полупроницаемых тонкопленочных или ацетатцеллюлозных мембран (т.н. обратный осмос). В принципе, такие системы позволяют задерживать все частицы, кроме молекул воды, и получать на выходе воду, близкую по составу к дистиллированной. Однако, по мнению специалистов употребление дистиллированной воды не очень-то и полезно, поскольку при этом организм не получает нужные ему соли.

Другой хорошо известный способ удалять вредные вещества из воды - это сорбция (поглощение). Самый распространенный сорбент (поглотитель) - это активированный уголь, в большинстве фильтров применяется именно он. Этот метод позволяет частично очистить воду от растворенной органики, солей тяжелых металлов, микроорганизмов и свободного хлора, в то же время сохранив в воде полезные вещества. Но у систем такого типа есть свои недостатки. Пока поглотительный элемент новый, система работает прекрасно. Но со временем микроорганизмы накапливаются на поверхности сорбента (поглотителя) и начинают там размножаться. В таком случае вода на выходе может стать даже более загрязненной, чем на входе. Иногда, чтобы избежать такой ситуации, сорбент покрывают серебром, но серебро не убивает микроорганизмы, а лишь препятствует их размножению на поверхности сорбента. Кроме того, со временем сорбент "насыщается", и его необходимо заменять.

Существуют также и ионообменные методы очистки воды от вредных веществ. Например, ионы тяжелых металлов эффективно удаляются при помощи соответствующих ионообменных смол. Однако при этом возникает необходимость регулярно заменять такие ионообменные элементы.

Обеззараживание воды также можно производить с помощью химических веществ (антисептиков), только после обеззараживания воду все равно нужно очищать, но уже от самих антисептиков. Обычно для очистки питьевой воды используют какую-либо комбинацию вышеописанных методов. В таких случаях удается компенсировать недостатки одних методов достоинствами других.

Существует еще один довольно перспективный метод очистки воды - электрохимический. В этом методе вода проходит через несколько емкостей специальной конструкции (реакторов), в которых под действием сильного электрического поля происходят сложные окислительно-восстановительные реакции. При этом происходит полное уничтожение всех вирусов, бактерий, микроорганизмов, удаляются все органические

вещества, ионы тяжелых металлов и другие вредные вещества. Электрохимические методы очистки воды появились совсем недавно. К их достоинствам можно отнести несомненную экологичность, отсутствие сменных картриджей, производительность (50-70 л в час). Однако такой способ не может быть применен для малогабаритных фильтров.

В настоящее время в Республике Беларусь отсутствуют отечественного производства фильтры индивидуального пользования для удаления из воды (водопроводной, колодезной, речной и т.п.) механических примесей в виде песка, взвешенных частиц грунтового и трубопроводного происхождения (ржавчины), а также задержания растворимых органических и хлорорганических соединений, устранения неприятных запахов и очистки от коллоидных частиц, содержащих тяжелые металлы. Такие средства необходимы в быту для доочистки питьевой воды людям, работающим или проживающим в удалении от централизованных источников питьевой воды: геологам, экспедициям, вахтовым бригадам, жителям сельской местности, туристам, охотникам, рыбакам и т.д., а также подразделениям МЧС.

Для решения данной проблемы коллективом авторов Белорусского отделения МОО "Академия жилищно-коммунального хозяйства" разработаны 2 варианта портативных фильтров индивидуального пользования:

Вариант 1 представляет собой портативный фильтр ворончатого типа однокамерный. Фильтр изготавливается из двух слоев полотна полиэфирного фильтровального (ТУ 405568282 - 002) и одного слоя сорбента углеродного нетканого (ТУ РБ 400031289.104). Масса фильтра не более 0,1 кг. Диаметр и высота воронки в рабочем состоянии равны 120 и 130 мм соответственно. Фильтр предназначен для очистки водопроводных, колодезных, а также малозагрязненных природных вод.

Вариант 2 представляет собой портативный фильтр тоже ворончатого типа, но уже двухкамерный, изготовленный из двух слоев полотна полиэфирного фильтровального и одного слоя сорбента углеродного нетканого. Первая камера предназначена для первичной фильтрации загрязненной воды, вторая - для окончательной фильтрации. Масса фильтра – не более 0,1 кг. В рабочем состоянии диаметр и высота воронки равны соответственно 120 и 130 мм. Фильтр предназначен для очистки загрязненных поверхностных вод с повышенным содержанием взвешенных частиц и повышенной мутностью.

Результаты исследования работы фильтров обоих вариантов позволяют рекомендовать фильтр №1 для очистки источников, где вода относительно «чистая», а фильтр №2 для получения питьевой воды из загрязненных поверхностных источников с повышенной мутностью и цветностью воды.

Данные варианты переносных фильтров, обладая рядом достоинств, не в полной мере удовлетворяют потребности подразделений МЧС.

Значительное количество личного состава МЧС действует в отрыве от систем центрального водоснабжения, организованного в населенных пунктах.

Имеющимися на вооружении МЧС средствами задача по водоснабжению населения и личного состава решается. Однако трудности возникают у подразделений в условиях большого удаления от крупных городов и населенных пунктов с их развитой системой водоснабжения и средствами очистки воды. Подразделения должны быть автономны и выполнять свои задачи в любых условиях. Эти средства не должны стеснять маневренность подразделений, отвлекать большое количество личного состава от выполнения работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций, а по своим техническим возможностям обеспечивать потребности подразделений и населения в воде в заданные сроки и давать воду нормированного качества.

Фильтры, имеющиеся в подразделениях МЧС, имеют схожие технологические схемы - предварительное хлорирование, осветление, сорбция и мембранная фильтрация. Данная технологическая схема позволяет получить воду питьевого качества. Однако она имеет и существенные недостатки:

- длительное время на реагентное обеззараживание воды;
- большие дозы хлорсодержащих реагентов, что значительно снижает ресурс сорбционного фильтра;
- зависимость процесса обеззараживания от температуры окружающего воздуха.

Все выше перечисленное позволяет сделать вывод о том, что необходимо переходить на безреагентную схему очистки и обеззараживания воды.

Применение безреагентных способов очистки и обеззараживания является перспективным направлением развития средств водообеспечения в условиях ЧС в нашей стране и за рубежом. Рассмотрение вопросов, связанных с разработкой носимых водоочистных средств, показывает, что в аварийных службах всех развитых стран все шире применяются новые способы очистки воды, основанные на применении мелкопористых фильтрующих и ионообменных материалов, а также мембранных методов ее обработки.

Основной элемент, позволяющий получать воду высокой степени очистки, – это тонкопленочная мембрана, размер ячеек которой сравним с размером молекулы воды. Сквозь такую «сетку» могут пройти либо сами молекулы воды, либо вещества, размер молекул которых еще меньше – растворенный в воде кислород, водород и т.п. В результате чего из воды уда-

ляются практически все растворенные компоненты, а также соли тяжелых металлов, органические примеси и бактерии.

Проведенные ранее исследования показали эффективность ряда мембранных материалов для очистки воды.

При получении полупроницаемых мембран используют различные материалы: полимерные пленки, стекло, металлическую фольгу и др. Наибольшее распространение получили мембраны на основе различных полимеров. Полимерные мембраны готовятся по специальной технологии, так как пленки, выпускаемые промышленностью для других целей, не обладают селективными свойствами.

Классификация полупроницаемых мембран приведена на рисунке 1.

Полупроницаемые мембраны могут быть непористыми и пористыми. Методика расчета мембранного элемента фильтра, приведенная ниже, позволяет варьировать в широких пределах характеристиками фильтрующего элемента в зависимости от предъявляемых к нему требований.

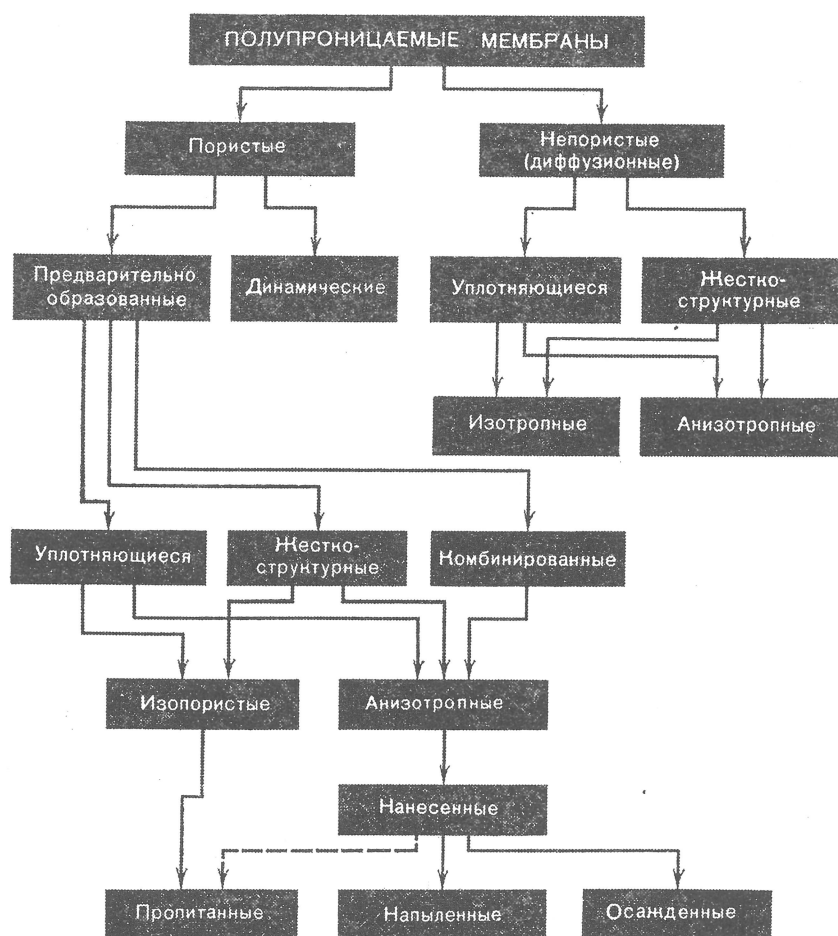


Рис. 1. Классификация полупроницаемых мембран.

Схема для расчета мембранного элемента представлена на рисунке 2

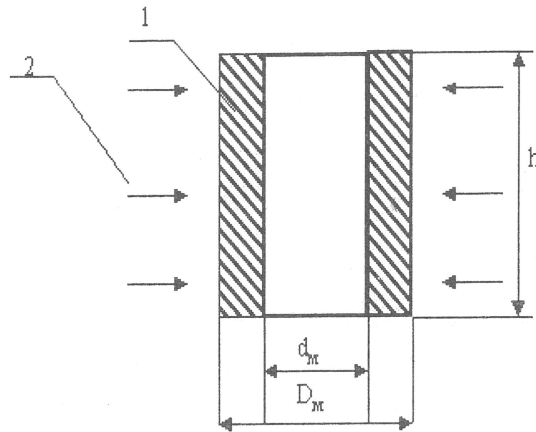


Рис. 2. Схема мембранного элемента:
1 – мембранный пакет;
2 – исходная вода.

Максимальная начальная производительность при 20 °С определяется по формуле:

$$Q_{\text{нач1}}^{\text{max}} = q_1 * F_{\text{м}} * K_1, \quad (1)$$

где $K_1=0,75$ – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения потока воды по мембранному пакету.

Максимальная начальная производительность при 8 °С составит:

$$Q_{\text{нач}}^{\text{max}} = Q_{\text{нач1}}^{\text{max}} * K_2, \quad (2)$$

где $K_2=0,7$ – коэффициент, учитывающий изменение производительности мембраны при снижении температуры воды до $t=8$ °С.

В связи с тем, что мембранный пакет в рассматриваемой технологической схеме является заключительной стадией очистки воды, можно предположить, что разделение суспензий будет производиться следующим способом: фильтрованием с постепенным закупориванием пор фильтровальной перегородки твердой фазой суспензии. Концентрация твердой фазы суспензии на данном этапе очистки невелика, а следовательно, создаются благоприятные условия для проникновения твердых частиц в поры фильтровальной перегородки.

Основным уравнением, описывающим процесс фильтрования с постепенным закупориванием пор фильтровальной перегородки, является следующее:

$$\frac{k * \tau}{2} = \frac{\tau}{q} - \frac{1}{V_{нач}}, \quad (3)$$

где k – постоянная фильтрования, m^{-1} ;

τ – продолжительность фильтрования, с;

q – объем фильтрата, полученного с $1 m^2$ поверхности фильтрования, м;

$V_{нач}$ – начальная скорость фильтрования, м/с.

Средняя скорость фильтрования при производительности $Q=60 \text{ дм}^3/\text{ч}$ будет равна:

$$V_{нач} = Q / F_m \quad (4)$$

Требуемый ресурс мембраны составляет 800 дм^3 . При производительности фильтра $60 \text{ дм}^3/\text{ч}$ ресурс фильтра составит $\tau = 48 * 10^3$ секунд.

Объем фильтрата, полученного с $1 m^2$ поверхности фильтрования, будет:

$$q = Q * \tau / F_m \quad (5)$$

Из формулы (3) находим k :

$$k = \frac{2 \left(\frac{\tau}{q} - \frac{1}{V_{нач}} \right)}{\tau} \quad (6)$$

В любой момент времени можно определить скорость фильтрования по формуле:

$$V_{\tau} = V_{нач} * (1 - 0,5 * k * q)^2. \quad (7)$$

Таким образом, можно предположить, что процесс фильтрования через мембранный пакет протекает с постоянной скоростью при повышении разности давлений между мембранной перегородкой, создаваемой ручным поршневым насосом. Производительность мембранного пакета в конце ре-

сурса составляет примерно $60 \text{ дм}^3/\text{ч}$, а скорость фильтрования не превышает критического значения ($V \leq 1 \text{ м/ч}$).

При существующей практике режимов водоснабжения населения в зонах чрезвычайных ситуаций установлены три режима ее обеспечения. Расчетная норма водообеспечения по первому режиму для взрослого населения составляет 2,5, по второму - 10,0, по третьему - 31,0, для детей до 14 лет и кормящих матерей - 5,0, 12,5, 33,0 (л/сут×чел.) соответственно. Для больных независимо от режима водообеспечения - 5,5 л/сут×чел.

Первый режим - вода употребляется только на питье. Это минимально допустимая доза потребления, и по времени не должна превышать пяти суток, исходя из физиологических потребностей человека. После этого необходимо увеличить объем очистки воды и перейти на второй и третий режимы потребления.

Зная численный и качественный состав населения в зоне аварии, можно определить суточную потребность воды в зоне чрезвычайной ситуации по формуле 8.

$$П = N_{\text{вз.}} \times Ч_{\text{вз.}} + N_{\text{дет.}} \times Ч_{\text{дет.}} + 5.5 \times Ч_{\text{бол.}}, \quad (8)$$

где $П$ - суточная потребность воды в зоне чрезвычайной ситуации, л/сут.;

$N_{\text{вз.}}$, $N_{\text{дет.}}$ - норма водообеспечения для взрослого населения и подростков старше 14 лет и для детей до 14 лет и кормящих матерей соответственно, л/сут×чел.;

$Ч_{\text{вз.}}$, $Ч_{\text{дет.}}$, $Ч_{\text{бол.}}$ - соответственно численность взрослых, детей и больных (травмированных), чел.

В качестве выводов можно отметить:

1. Обеспечение населения и личного состава мелких подразделений МЧС питьевой водой в районах чрезвычайных ситуаций возможно с использованием переносных фильтров, в особенности в малонаселенных районах и населенных пунктах, значительно удаленных от районных и областных центров, где расположены основные силы и средства органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям. Эти функции могут взять на себя пожарные аварийно-спасательные посты (ПАСП), снабженные переносными фильтрами воды.

2. Производительность носимых фильтров по мембранной технологии, являющейся наиболее пригодной для применения в рассматриваемых условиях, можно определить по предлагаемой методике (формулы 1-7).

3. Рассчитать количество переносных фильтров, необходимых для комплектации ПАСП для обеспечения питьевой водой личного состава

ПАСП и населения, проживающего в данном населенном пункте, на случай возникновения чрезвычайной ситуации можно, определив суточную потребность в воде (по формуле 8) и зная производительность фильтра.

4. Носимые фильтры должны быть безреагентной технологической схемы и единого режима комплексной очистки воды с гарантированным ее качеством независимо от вида и концентрации заражающих агентов, а также иметь низкие массогабаритные показатели, высокую производительность и малые затраты времени на развертывание.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.Ф. Протасов, А.В. Молчанов. Экология, здоровье и природопользование в России, М.: 1995. –389 с.
2. Научное обеспечение защиты от чрезвычайных ситуаций. Минск. УП «Технопринт», 2005. – 266 с.
3. Козубова Л.И., Морозов С.В. Органические загрязнители питьевой воды. Новосибирск, 1993. 289 с.
4. С.К. Шойгу, С.С. Волков, В.С. Гаваза и др. Обеспечение мероприятий и действий сил ликвидации чрезвычайных ситуаций. Калуга. ГУП «Облиздат», 2000.-420 с.
5. Г.И. Николадзе «Технология очистки природных вод». М.: Высшая школа. 1987. – 450 с.
6. Дмитриченко Г.С., Кондратович А.А. «Водоснабжение войск и населения при чрезвычайных ситуациях». Вестник военной академии. № 4 - 2005 г.

Поступила в редакцию 01 июня 2006 г.