

ООО «ХОЛДИНГ «ЗОЛОТАЯ ФОРМУЛА»

УДК 661.183.122

Экз. № 4

УТВЕРЖДАЮ

**Генеральный директор ООО
«Холдинг «Золотая Формула»**


М.А.Сидоров
« » « » 2011

**ОТЧЁТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ**

Обобщение и оценка результатов исследований

по теме:

**«ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
НАХОДЯЩИХСЯ НА СНАБЖЕНИИ ВС РФ ВОЙСКОВЫХ СРЕДСТВ ОЧИСТКИ
ВОДЫ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМАХ
ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ НАНОСОРБЕНТОВ ТИПА
УГЛЕРОДНОЙ СМЕСИ ВЫСОКОЙ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ (УСВРС)»
(итоговый)**

**Государственный контракт
№ 92-08 от 30 ноября 2009 г.**

Шифр «Плавник-Н»

Руководитель НИР:


В.И.Петрик

Санкт-Петербург 2011

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Петрик В.И.

24.11.2011 г.

Ларкин Б.А.

24.11.2011 г.

Куцаев А.В.

24.11.2011 г.

Цёмик М.М.

24.11.2011 г.

Шейтер О.И.

24.11.2011 г.

Сауткин А.Н.

24.11.2011 г.

Фишкина М.В.

24.11.2011 г.

РЕФЕРАТ

Отчет 129 страниц, 15 таблиц, 6 рисунков, 5 приложений.

ВОЙСКОВЫЕ СРЕДСТВА ОЧИСТКИ ВОДЫ, УГЛЕРОДНАЯ СМЕСЬ ВЫСОКОЙ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ, СОРБЕНТЫ, ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ, ВРЕМЯ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ.

Итоговый отчет по научно – исследовательской работе «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)» содержит обобщение результатов исследований существующих: БАУ-МФ (УАИ-3), КФГ-М и перспективных сорбционных материалов: МОС-ВСК и УСВРС, которые могут быть использованы в войсковых средствах очистки воды. На основании результатов экспериментальных исследований эффективности сорбентов в отношении широкого спектра загрязнителей и анализа научно-технической и патентной информации проведен сравнительный анализ и технико-экономическое обоснование применения сорбционных материалов, а также сформулированы предложения по применению фильтрующих элементов на основе перспективных сорбционных материалов в технологических схемах войсковых средств очистки и опреснения воды.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	9
1.1 Применение сорбционных материалов в современных войсковых средствах очистки и опреснения воды	9
1.2 Технические характеристики и оценка эффективности существующих и перспективных отечественных сорбционных материалов и наносорбентов	21
1.3 Сравнительный анализ, технико-экономическое обоснование применения сорбционных материалов в войсковых средствах очистки воды	40
1.4 Предложения по совершенствованию технологической схемы очистки воды войсковых средств с использованием исследуемого сорбента	48
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	57
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное). Проект ТТЗ на ОКР	59
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное). Рекомендации по применению фильтрующих элементов на основе перспективных сорбционных материалов и наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС) в технологических схемах войсковых средств очистки и опреснения воды	79
ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное). Обоснование требований к сорбционным материалам и наносорбентам, которые могут быть применены в технологических схемах войсковых средств очистки и опреснения воды	104
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (обязательное). ТТЗ на НИР «Плавник-Н»	110
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (обязательное). Выписка из протокола НТС	128

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

УСВРС	- углеродная смесь высокой реакционной способности
ТТЗ	- тактико-техническое задание
НИР	- научно-исследовательская работа
ОВ	- отравляющее вещество
РВ	- радиоактивное вещество
СДЯВ	- сильнодействующее ядовитое вещество
ОКР	- опытно-конструкторская работа
РКД	- рабочая конструкторская документация
НГК	- нейтральный гипохлорит кальция
ДТС ГК	- дветретиосновная соль гипохлорита кальция
БС	- бактериальные средства
АУВМ	- активные углеродные волокнистые материалы
БОЕ	- бляшки образующая единица
КОЕ	- колонии образующая единица
УСВРСМ	- углеродный наносорбент высокой реакционной способности, модифицированный гидратированными оксидами поливалентных металлов

ВВЕДЕНИЕ

Основанием для проведения данной научно-исследовательской работы является Государственный Контракт № 92-08 от 30 ноября 2009 г.

Наименование работы: «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)». Шифр темы – «Плавник Н».

Наименование этапа: «Обобщение и оценка результатов исследований».

Цель работы - исследование эффективности применения перспективных сорбционных материалов, а также фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС) в технологических схемах войсковых средств очистки воды и поиск новых надежных и дешевых сорбционных материалов для полевых средств водообеспечения.

Сорбционные материалы в целях водоочистки в настоящее время широко используются в быту и в промышленности. Преимуществом их использования в сравнении с реагентными и мембранными технологиями является простота и относительная экономичность применения, избирательность удаления токсичных компонентов, отсутствие, как правило, эффектов вторичного загрязнения и возможность автоматизации. Также сорбционные фильтры, как правило, легко регенерируемы, химически и механически устойчивы, не требуют специального обслуживания и сложных процедур подготовки к работе и консервации. Указанные особенности определяют целесообразность использования сорбционных технологий в войсковых средствах очистки воды. Однако используемые в настоящее время сорбенты не в полной мере обеспечивают выполнение требований, предъявляемых к сорбционным материалам фильтрующих элементов технологических схем войсковых средств очистки воды.

Для решений этой задачи в тактико-техническом задании (ТТЗ) на данную научно-исследовательскую работу (НИР) был определен состав исследований, результатом которых является определение путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе перспективных наносорбентов. В соответствии с этим были проведены следующие работы:

На этапе 1 – «Выбор направлений исследований» данной работы в соответствии с Календарным планом на основании анализа научно-технической и патентной литературы,

а также коммерческой информации был осуществлен и обоснован:

- выбор способа решения поставленной цели;
- анализ современных отечественных и зарубежных сорбционных материалов, применяемых в средствах очистки воды;
- патентные исследования сорбционных материалов и наносорбентов;
- сравнительная оценка перспективных отечественных сорбционных материалов и наносорбентов по отношению к зарубежным аналогам.

На этапе 2 - «Теоретические исследования» был проведен:

- анализ существующих технических решений по оборудованию для проведения экспериментальных исследований по оценке защитных свойств сорбционных материалов при очистке воды от природных и антропогенных загрязнений, а также от отравляющих веществ (ОВ), радиоактивных веществ (РВ) и сильнодействующих ядовитых веществ (СДЯВ);
- разработка рабочей конструкторской документации (РКД) на изготовление экспериментального образца войскового средства очистки воды;
- изготовление экспериментального образца войскового средства очистки воды;
- разработка программ и методик проведения экспериментальных исследований.

На этапе 3 - «Экспериментальные исследования» были проведены:

- экспериментальные исследования сорбционной активности по широкому спектру загрязнений (химической, физической и биологической природы), оказанию негативного влияния на качество очищаемой воды, соответствию классу опасности не ниже 3 и десорбции при повторном использовании перспективных сорбентов, а также наносорбентов и фильтрующих элементов на их основе и на основе УСВРС;
- оценка возможности повышения эффективности войсковых средств очистки и опреснения воды путем применения в их технологических схемах перспективных адсорбционных материалов, а также фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа УСВРС;
- обобщение и оценка результата экспериментальных исследований, а также подготовка заключения о соответствии сорбционных материалов тактико-техническим требованиям по очистке воды по всему спектру загрязнений;
- разработка рекомендаций по применению фильтрующих элементов на основе перспективных сорбционных материалов и наносорбентов типа УСВРС в технологических схемах войсковых средств очистки и опреснения воды.

На этапе 4 – «Обобщение и оценка результатов исследований» были проведены:

- сравнительный анализ, технико-экономическое обоснование применения сорбционных материалов в войсковых средствах очистки воды;
- предложения по совершенствованию технологической схемы очистки воды войсковых средств с использованием исследуемого сорбента;
- разработка ТТЗ на опытно-конструкторскую работу (ОКР) в промышленности по модернизации войсковых средств очистки воды;
- составление итогового отчёта о НИР.

1 ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1.1 Применение сорбционных материалов в современных войсковых средствах очистки и опреснения вод

До 1990 гг. прошлого столетия на снабжении ВС СССР состояли водоочистительные установки и станции - ТУФ-200, ВФС-2,5, ВФС-10, МАФС-3 и опреснительные - ПОУ-4 и ОПС. Указанные средства были созданы еще в 1950 – 1970 гг. Некоторые из этих средств находятся на снабжении ВС РФ по настоящее время.

Очистка воды в указанных средствах основана на применении традиционной реагентной технологии. Отстой воды и выдержка ее под «хлором» осуществляется в выносных резиноканевых резервуарах. В качестве коагулянта в них используется сернокислый алюминий, а хлорирование осуществляется водным раствором активного хлора, полученного путем растворения нейтральной гипохлорит кальция (НГК) или дветретиосновная соль гипохлорита кальция (ДТС ГК) или хлорной извести [1, 2]. Для интенсификации процесса очистки воды от отравляющих веществ на стадии реагентной обработки в войсковых водоочистных средствах применяют флокулянт ППС (полимер пиридиновой соли). Данная рекомендация внесена в «Руководство по полевому водоснабжению войск», 1985 г. [3].

Для комплексной обработки воды (осветление и дезинфекция путем фильтрации и хлорирования) в количестве 200-300 л/ч применяют тканево-угольный фильтр ТУФ-200. Для дезинфекции воды в отстойник фильтра добавляют 60 мл 5 % раствора хлора и после необходимой экспозиции воду подают на фильтр, заполненный активированным углем, где вода дополнительно подвергается механической очистке и одновременно дехлорируется. Общий вес комплекта – 80 кг. Ресурс непрерывной работы на одной загрузке угля – 15-20 ч. На табельном снабжении с 1939 г.

Инженерными войсками также используется переносной фильтр ПФ-200. Технологическая схема обработки воды соответствует таковой у ТУФ-200. Фильтр комплектуется ручным насосом и резервуарами для воды. Имеет улучшенный дизайн и компактность при тех же тактико-технических данных, что делает его более перспективным для целей полевого водоснабжения.

Сорбционная очистка в указанных выше средствах осуществляется с использованием сорбционных фильтров на основе БАУ-МФ или КФГ-М. Совершенствование сорбционных фильтров в данных средствах должно, при необходимости, осуществляться путем применения новых сорбентов с более высокой

адсорбционной активностью и емкостью в отношении свободного и связанного хлора и с высокой селективностью по отношению к радиоактивным веществам, рассматриваемым как продукты ядерного взрыва: радионуклидам цезия, стронция, европия, кобальта, йода и урана.

Использование традиционной реагентной технологии в полевых средствах водоочистки обуславливает присущие им недостатки:

1. В зимних условиях при отрицательных температурах воздуха обеззараживание воды не надежно;

2. Большие дозы активного хлора, применяемые для обеззараживания воды, снижают фильтроцикл активных углей, в связи с чем, для обеспечения нормативного времени автономной работы - 100 ч, необходим дополнительный возимый комплект сорбента;

3. Средства требуют значительного времени на развертывание (выдержка под «хлором» летом 30 мин., зимой 1,5 ч) и больших территорий (для ВФС-10 шесть резервуаров диаметром 3 м).

В конце прошлого века стало очевидной необходимость разработки и создания полевых армейских средств очистки и опреснения природной воды на основе передовых мировых технологий, с целью повышения их характеристик и степени очистки высокозагрязненных вод и с учетом постоянно ухудшающейся во всем мире экологической обстановки. Создаваемые средства должны были очищать воду от высоких концентраций загрязняющих веществ, в том числе обеззараживать ее от споровых форм бактерий БС, обезвреживать от органических соединений, включая боевые ОВ, СДЯВ и токсины, дезактивировать от РВ, иметь минимальные массу, энергозатраты, габариты, время и площадь развертывания.

Результатом стало создание и освоение в серийном производстве средств полевого водообеспечения:

- автомобильной станции СКО-10;
- автомобильной станции СКО-10/5;
- переносной установки ПВУ-300.

Эти средства в настоящее время приняты на снабжение ВС РФ.

Принципиальные технологические схемы станций СКО-10 (СКО-10/5) представлены на рисунке 1. Станция СКО-10/5 отличается от станции СКО-10 наличием опреснительного блока. Технологическая схема установки ПВУ-300 представляет собой упрощенную схему станции СКО-10 (отсутствуют накопительные емкости, промежуточные насосы, хлоратор).

Станции и установки, очищающие воду по разработанной технологии, в общем случае, работают следующим образом:

Вода из водоисточника насосом 1-го подъема через водозаборное устройство по выносным рукавам, подается непосредственно в станцию. Водозаборное устройство поплавкового типа оснащено мелкой сеткой из нержавеющей стали с ячейками 0,5 мм для отфильтровывания из воды крупных механических частиц и якорем для его удерживания в месте установки.

В станции вода накапливается в накопительную емкость исходной воды, где создается ее запас для обеспечения повышенного расхода при промывках ультрафильтрационных аппаратов.

Из накопительной емкости вода рабочим насосом направляется в блок ультрафильтрации через систему автоматической промывки, управляемой бортовым компьютером. Система состоит из насоса, электромагнитных клапанов, обеспечивающих заданные параметры промывки, ультрафильтрационных аппаратов. Промывка осуществляется обратным током ультрафильтрата в сочетании с продольной промывкой волокон большим потоком исходной воды.

В качестве ультрафильтрационных аппаратов применяются аппараты на основе полого волокна с отсекаемой молекулярной массой 15000-30000 дальтон, что ориентировочно соответствует поре с диаметром 0,02 -0,1 мкм.

Ультрафильтрацией из воды практически полностью удаляются механические частицы, взвеси, коллоиды, высокомолекулярные органические соединения, в т.ч. и придающие ей цвет, соединения трехвалентного железа и др. Вода частично обеззараживается от бактерий, их количество снижается в 1.10^2 - 1.10^4 раз и от вирусов - снижение содержания которых происходит в 1.10^3 - 1.10^5 раз. Большая степень обеззараживания от вирусов, объясняется действием электростатических сил - вирусы несут отрицательный заряд, полиамидные волокна - положительный.

Промывка ультрафильтров осуществляется в автоматическом режиме. Промывные воды отводятся из станции при помощи выносного рукава и утилизируются.

Ультрафильтрат собирается в накопительной емкости, из которой он насосом направляется в блок стерилизующих микрофильтров.

Блок стерилизующих микрофильтров предназначен для обеззараживания воды от бактерий, состоит из двух последовательно работающих фильтров (для надежности обеззараживания). В фильтрах применены патронные элементы из стерилизующей мембраны, поры которой калиброваны и не превышают 0,2 мкм. Это позволяет полностью обеззаразить воду от бактерий, так как самая мелкая из них имеет размер 0,22 мкм.

Из блока микрофильтров, вода подается в сорбционный фильтр (адсорбер) с загрузкой активного угля. В нем из воды адсорбируются низкомолекулярные органические соединения, включая ОВ и СДЯВ, и происходит окончательное ее обезвреживание от вирусов. Следует отметить, что ультрафильтрация и микрофильтрация снижают содержание в воде основных типов ОВ и СДЯВ не более чем в два раза (по зоману – до 40 % от исходной концентрации), практически не снижают концентрацию ионных форм радионуклидов и не обеспечивают полное удаление ряда биологических загрязнителей.

После сорбционного фильтра вода собирается в накопительной емкости очищенной воды. Далее она насосом направляется в опреснительный блок. Опресненная вода после ультрафиолетового окончательного обеззараживания от возможного повторного ее заражения в коммуникациях и постхлорирования, подается к выходному штуцеру станции и далее по выносным рукавам в тару потребителя. Постхлорирование осуществляется при помощи хлоратора, состоящего из емкости для растворения хлорсодержащего реагента, расходной емкости хлорирующего раствора и насоса-дозатора.

Концентрат с блока опреснения отводится из установки аналогично промывным водам блока ультрафильтрации.

Исследованиями подтверждено, что ультрафильтрация, стерилизующая микрофильтрация, адсорбция на активных углях, ультрафиолетовое облучение и обратный осмос - наиболее эффективные технологии для полевых средств водообеспечения. В комплексе они обеспечивают:

- надежную очистку и опреснение высокозагрязненной природной воды;
- малое время и площади развертывания на местности, что очень важно для армейских средств;
- безреагентная схема очистки и обеззараживания воды полностью исключает ошибки членов расчета при дозировании реагентов, кроме того, сохраняется экологическая чистота окружающей среды;
- малые удельные массогабаритные и энергетические показатели;
- полную автоматизацию технологического процесса, обеспечивающую работу средства без присутствия обслуживающего расчета, а в случаях отказов, поломок и аварий - остановку станции (при необходимости ее обесточивание) с адресной информацией на дисплее причин отказа.



Рисунок 1 - Внешний вид блоков ультраfiltrации и сорбционного блока станции комплексной очистки воды SKO-10

Станция SKO-10 размещена в кузове-фургоне типа К 5323 на автошасси Урал-532361 с трехместной кабиной. Станция очищает воду от механических частиц, взвесей, коллоидных соединений, трехвалентного железа, обезвреживает от антропогенных веществ и СДЯВ органического происхождения, включая боевые ОВ, дезактивирует от радионуклидов, включая РВ, обеззараживает от бактерий и вирусов, включая патогенные и бактериальные средства массового поражения (БС).

Очищенная вода соответствует требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Допускается эксплуатация станции при температуре окружающего воздуха от минус 50 °С до 50 °С и длительное хранение при температуре окружающего воздуха от минус 40 °С до 50 °С. В качестве источника воды могут быть использованы открытые природные или искусственные водоемы, а также колодцы и скважины.

Технические характеристики:

1. Производительность станции, м³/ч. - 8-10.
2. Ресурс работы фильтрующих элементов:
 - сорбента (одной загрузки) при очистке от ОВ, РВ и СДЯВ, не менее, ч. . . . -100;
 - сорбента (одной загрузки) при очистке от других низкомолекулярных органических веществ, до, ч. – 4000;
 - ультраfiltrационных аппаратов при очистке от естественных загрязнений, не менее, ч - 5000 - 8000.

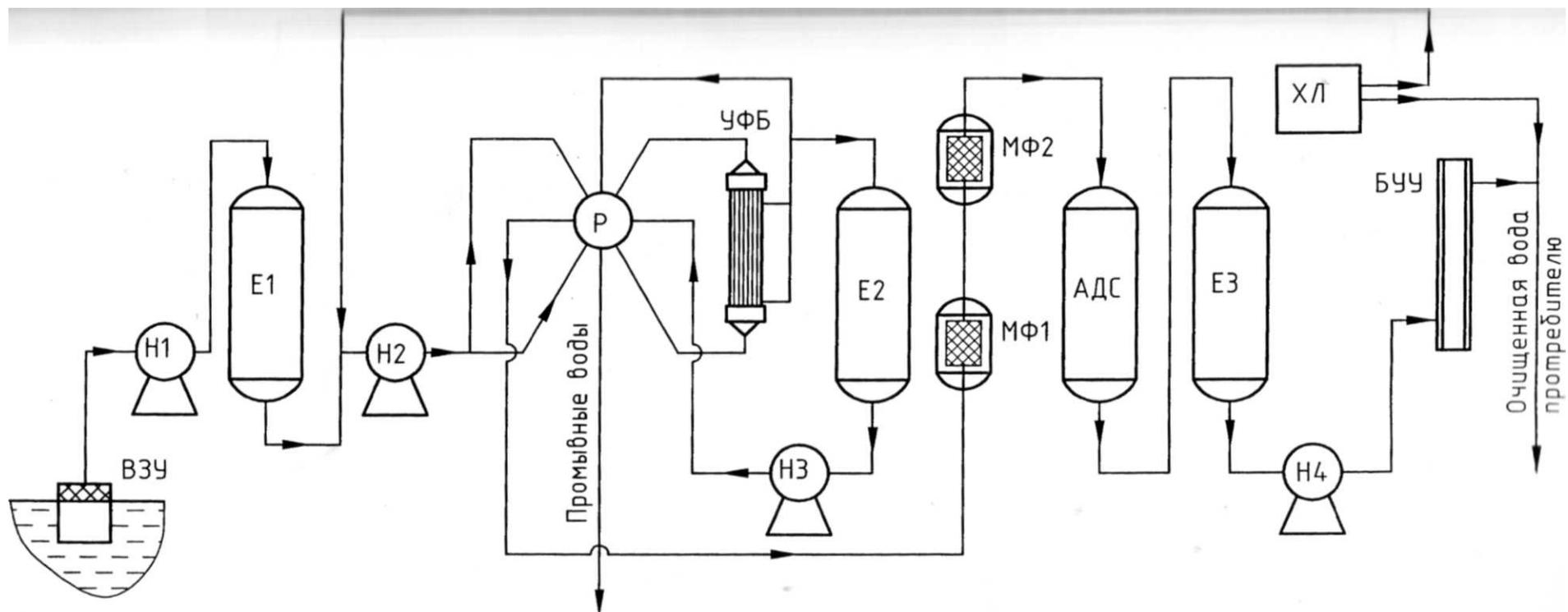


Рисунок 2 - Принципиальная технологическая схема очистки природной воды станции СКО-10

ВЗУ – водозаборное устройство

Н1, Н2, Н3 и Н4 – насосы центробежные

Е1, Е2, Е3 – емкости накопительные

УФБ – ультрафильтрационный блок

Р – система автоматической промывки УФБ

МФ1, МФ2 – блок стерилизующих микрофильтров

(1-я и 2-я степени фильтрования)

АДС – адсорбер

БУУ – бактерицидная ультрафиолетовая установка

ХЛ - хлоратор



Рисунок 3 – Внешний вид станции ПБУ-300

Станция ПБУ-300 предназначена для очистки воды открытых и подземных источников с целью организации хозяйственно-питьевого водообеспечения войск в полевых условиях. Очищает воду от механических частиц, взвесей, коллоидов, органических соединений, включая СДЯВ и ОВ, обеззараживает от бактерий и вирусов, дезактивирует от радиоактивных веществ. Допускает хранение на открытых площадках без переконсервации в течение 3 лет при температуре окружающего воздуха от минус 40 °С до 40 °С. Комплектуется ручным насосом для работы при отсутствии электроэнергии.

Выпускается серийно, принята на снабжение МО РФ.

Технические характеристики:

1. Производительность, м³/ч. - 0,25 -0,35
2. Мутность исходной воды по каолину, мг/л:
 - оптимально, до. 200,
 - кратковременно, до. 2000;
3. Качество очищенной воды соответствует,. СанПиН 2.1.4. 559-96;
4. Потребляемая мощность, кВт. - 0,8;
5. Время автономной работы на комплекте расходных материалов, ч. – 100;
6. Время разворачивания из походного положения, ч. - 0,2;
7. Ресурс работы УФ аппаратов, ч:
 - до регенерации. - 2000,
 - до замены. - 4000-8000;

8. Срок хранения УФ аппаратов с переконсервацией через, лет. - 3;
 9. Срок службы до списания, лет. – 14;
 10. Габаритные размеры, мм:
 - длина - 450,
 - ширина - 430,
 - высота - 1300;
 11. Масса, кг – 70.

В 1990 гг. были приняты на снабжение войск носимые фильтры НФ-10, НФ-30, НФ-45, НФ-50 на основе активных углеродных волокнистых материалов (АУВМ).

Внешний вид этих устройств и их характеристики представлены на рисунках 4, 5 и в таблицах 1 – 3.



Рисунок 4 - Внешний вид носимого фильтра НФ-10 (НФ-10В)

Таблица 1 - Технические характеристики НФ-10

Наименование характеристики и единица измерения	Величина
1. Производительность при очистке воды, л/ч	6
2. Состав	Фильтры грубой очистки, шланги всасывающий и напорный, комплект сменных фильтрующе-сорбционных элементов (только НФ-10), модуль фильтрующий, корпус насоса, переходник для присоединения к штуцеру противогАЗа

	(при необходимости), чехол для укладки и переноски изделия
3. Время разворачивания до начала обработки воды, мин	2
4. Ресурс работы на одном комплекте фильтрующе-сорбирующих элементов, л: - при очистке от естественных загрязнений - при очистке от ОВ, СДЯВ и РВ	15 10
5. Габаритные размеры, мм: - длина - ширина - высота	175 50 90
6. Масса, г	280

Таблица 2 - Технические характеристики НФ-10В

Наименование характеристики и единица измерения	Величина
1. Производительность при очистке воды, л/ч	6
2. Состав	Фильтры грубой очистки, шланги всасывающий и напорный, модуль фильтрующий, корпус насоса, переходник для присоединения к штуцеру противогАЗа (при необходимости), чехол для укладки и переноски изделия
3. Время разворачивания до начала обработки воды, мин	2
4. Ресурс работы на одном комплекте фильтрующе-сорбирующих элементов, л: - при очистке от естественных загрязнений; - при очистке от ОВ, СДЯВ и РВ.	3 3
5. Габаритные размеры, мм: - длина - ширина - высота	150 55 80
6. Масса, г	200



Рисунок 5 - Фильтр НФ-50 (НФ-45)

Таблица 3 - Технические характеристики носимых фильтров НФ-50 (НФ-45)

Наименование характеристики и единица изменения	Величина
1. Производительность при очистке воды, л/ч: - от естественных загрязнений и БС; - от ОВ, РВ, СДЯВ.	50-60 (45) 50 (20)
2. Время развертывания до начала обработки воды, мин	15
3. Ресурс работы на одном комплекте фильтрующе-сорбирующих элементов, л: - при очистке от естественных загрязнений; - при очистке от ОВ, СДЯВ и РВ.	1500 (500) 500 (500)
Габаритные размеры, мм: - длина; - ширина; - высота.	310 300 400
4. Масса, г	8000

В 1981-1985 гг. были разработаны тактико-технические требования к единому сорбенту для очистки воды и тактико-техническое задание на опытно-конструкторскую работу промышленности. Это позволило в 1989-1990 гг. разработать, а в 1993 г. принять на снабжение армии единый хемосорбент для очистки воды от отравляющих веществ в войсковых водоочистных средствах. По результатам этих исследований были разработаны и изготовлены блок-фильтры на основе АУВМ для групповых войсковых водоочистных средств. На основе АУВМ в 1990-е г.г. были приняты на снабжение войск носимые фильтры НФ-10, НФ-30, НФ-45, НФ-50, сорбционные патроны для станций комплексной очистки и опреснения воды СКО-0,3с, СКО-1с, СКО-1/0.5с, СКО-8с, СКО-10К и СКО-10/5-1А, мобильного комплекса консервирования воды МККВ-400, переносной водоочистной установки ПВУ-300 [4-10]. В настоящее время АУВМ не производится, и в данной работе не изучался.

Из представленных выше данных следует, что в современных войсковых средствах очистки воды в качестве обязательной технологической стадии используется адсорбция на активных углях. Основное назначение адсорбции - очистка воды от низкомолекулярных органических соединений, в том числе обезвреживание от ОВ и СДЯВ и дезактивация от РВ, а также улучшение органолептических показателей качества воды. В качестве сорбентов применяется, как правило, уголь БАУ-МФ, который не позволяет очищать воду от ОВ. Он также не эффективен в отношении РВ и большинства СДЯВ. Для проведения очистки воды от ОВ используют сорбент КФГ-М, динамическая активность которого в отношении ФОВ недостаточна для работы войсковых средств очистки воды. КФГ-М, как и БАУ-МФ, не обеспечивает, в том числе, и адсорбцию РВ (продуктов ядерного взрыва).

Поэтому сорбент, способный существенно повысить тактико-технические данные войсковых средств очистки воды, должен обладать высокой динамической активностью по отношению к загрязнителям химической, физической и биологической природы. Сорбент не должен оказывать негативного влияния на качество очищенной воды, исключать десорбцию поглощенных загрязнений при повторном использовании фильтров и обладать комплексом физико-механических свойств, предъявляемым к материалам, предназначенным для применения в составе войсковых средств очистки воды. С экономической точки зрения производство сорбента должно быть промышленно освоено и не ориентировано на дефицитные, дорогостоящие или импортные материалы.

В связи с этим изыскание новых сорбентов и исследование их свойств, а также разработка современных технологических схем, позволяющих повысить возможности водоочистных средств по специальной очистке воды, является актуальной научной

задачей, имеющей важное военно-прикладное значение.

В качестве подобных перспективных сорбентов в данной работе были изучены сорбент МОС-ВСК и углеродный наносорбент УСВРС (и его модифицированный вариант УСВРСМ).

Сравнительные характеристики используемых в настоящее время сорбентов: БАУ-МФ (УАИ-3) и КФГ-М и перспективных сорбентов: МОС-ВСК и УСВРС представлены ниже в главе 2.

1.2 Технические характеристики и оценка эффективности существующих и перспективных отечественных сорбционных материалов и наносорбентов

Объектами исследования в данной работе являются:

- углеродный наносорбент на основе углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС, УСВРС). Производитель – ООО «Холдинг «Золотая Формула», Санкт-Петербург;
- перспективный в отношении загрязнений химической, биологической и радиологической природы сорбент МОС-ВСК. Производитель - ОАО «ЭНПО «Неорганика», г. Электросталь;
- сорбенты, состоящие на снабжении войск: КФГ-М и БАУ – МФ (УАИ-3). Производитель - ЗАО «Техносорб», г. Пермь. В настоящее время у нас в стране вместо сорбента БАУ-МФ производится сорбент УАИ-3и под торговой маркой «уголь активный импрегнированный УАИ-3». КФГ-М в настоящее время не производится.

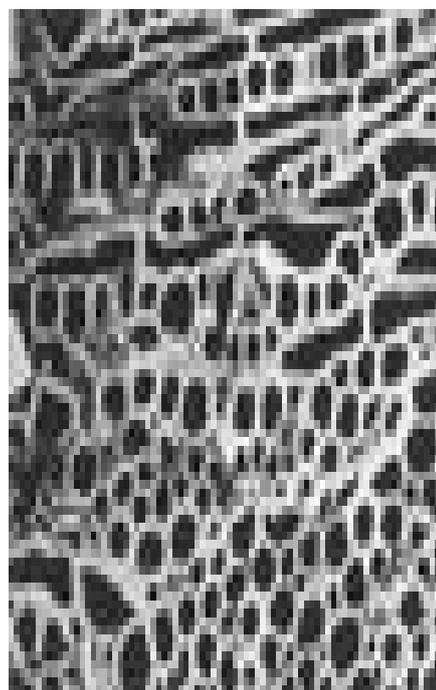
Таблица 4 - Сравнительные характеристики сорбентов

Показатель	Сорбент			
	УАИ-3 (БАУ-МФ)	КФГ-М	МОС-ВСК	УСВРС
Внешний вид	Зерненный продукт черного цвета без механических примесей	-	Зерненный продукт черного цвета с наличием светлых зерен	Наноконструкция в виде пуха и пыли
Адсорбционная способность по йоду, %, не менее	70	15	30 - 40	400
Массовая доля металла, %, в пределах	Ag: 0,05 – 0,06	-	Cu: 2,7 – 3,3	-
Массовая доля золы, %, не более	7	-	-	0,5
Массовая доля воды, %, не более	10	-	-	-
Насыпная плотность, г/дм ³	225	260	371	50 - 200
Удельная поверхность пор, м ² /г	350	350	410	1600

Сорбенты УАИ-3, КФГ-М, МОС-ВСК имеют структуру, характерную для активных древесных углей. Модифицирование указанных углей специальными химическими реагентами: серебро – для УАИ-3и, железо и медь – для КФГ-М, медь – для МОС-ВСК обеспечивает целенаправленное повышение сорбционной и каталитической активности указанных материалов в отношении отдельных классов загрязнителей. Так, КФГ-М специально разработан в предвоенные годы для обеспечения защиты от ОВ, стоявших на вооружение в тот исторический период. Сорбент УСВРС отличается от выше перечисленных материалов своей внутренней структурой и природой функциональных групп (рисунок 6).



1. УСВРС



2. Карбонизированная древесина
(БАУ-А, УАИ-3)

Рисунок 6 - Внутренняя структура сорбентов

Сравнительный анализ исследуемых сорбентов проведен по технико-техническим показателем (п.4.1 ТТЗ № 657-10-09).

1.1. Согласно п. 4.1.1. ТТЗ № 657-10-09 сорбент должен обеспечивать очистку воды до предельно допустимых концентраций от бактериальных средств, радиоактивных, отравляющих и сильнодействующих ядовитых веществ. Результаты, полученные в процессе проведения экспериментальных исследований сорбционной активности перспективных сорбентов, а также наносорбентов, представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Сравнительная эффективность сорбентов

Наименование показателя качества воды	Обеспечение очистки воды до ПДК, заявленной в ТТЗ			
	МОС-ВСК	КФГМ	БАУ-МФ	УСВРС
Водородный показатель, рН	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает
Общая минерализация, мг/л	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает
Жесткость общая, мг-экв/дм ³	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает
Окисляемость перманганатная, мг/л	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает
Нефтепродукты, суммарно, мг/л	Не обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает
Поверхностно-активные вещества, анионоактивные (сульфанола), мг/л	Обеспечивает	Обеспечивает	Не обеспечивает	Обеспечивает
Запах, баллы	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает
Цветность, градусы	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает
Мутность по стандартной шкале, мг/дм ³	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает
Железо (Fe) мг/дм ³	Обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Обеспечивает
Медь (Cu ²⁺) мг/дм ³	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает

Цинк (Zn ²⁺) мг/дм ³	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает
Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/дм ³	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает
Хлориды (Cl ⁻), мг/дм ³	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает
Марганец (Mn), мг/дм ³	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает
Полифосфаты (PO ₄), мг/дм ³	Не обеспечивает	Обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает
Хлор остаточный свободный, мг/дм ³	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает
Хлор остаточный связанный, мг/дм ³	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает
Аммиак, мг/дм ³	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает
Алюминий, в т.ч. остаточный (Al), мг/дм ³	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Соответствует
Бериллий (Be), мг/дм ³	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает
Бор (B), мг/дм ³	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает
Гидразин, мг/дм ³	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает
Дихлорэтан, мг/дм ³	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает
Молибден (Mo), мг/дм ³	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает

Мышьяк (As), мг/дм ³	Обеспечивает	Обеспечивает	Не обеспечивает	Обеспечивает
Нитраты (NO ₃), мг/дм ³	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает
Свинец (Pb), мг/дм ³	Обеспечивает	Не обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает
Селен (Se), мг/дм ³	Обеспечивает	Обеспечивает	Не обеспечивает	Обеспечивает
Стронций (Sr), мг/дм ³	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает
Фториды (F), мг/дм ³	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает	Не обеспечивает
Полиакриламид, мг/дм ³	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает
Формальдегид, мг/дм ³	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает
Фенол, мг/дм ³	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает	Обеспечивает

Из полученных результатов следует, что ни один из изученных сорбентов не обеспечивает в полной мере очистку воды до уровня ПДК в соответствии с требованиями ТТЗ. Можно отметить, что при очистке воды от загрязнителей, регламентируемых по обобщенным показателям, лучше всего результаты у КФГМ и УСВРС. Очистку воды от загрязнителей, регламентируемых по органолептическим показателям, кроме очистки от ионов металлов и анионов, лучше всего обеспечивают МОС-ВСК и УСВРС.

Из технических характеристик войсковых средств очистки воды, представленных выше в разделе 1, следует, что ресурс работы указанных средств в большинстве случаев определяется эффективностью и сорбционной емкостью сорбционного блока (элемента) в отношении ОБ, СДЯВ, РВ и микробиологических загрязнителей.

Поэтому при анализе характеристик сорбента следует, в первую очередь, рассматривать эффективность сорбента в отношении данных загрязнителей. Ресурс работы сорбентов в отношении загрязнителей, определяемых по обобщенным, органолептическим и токсикологическим показателям, представлен в таблице 6.

Сравнение сорбентов по ресурсу работы в отношении микробиологических загрязнителей, ОВ и РВ приведено в таблицах 6 – 9 ниже.

1.2. Согласно п. 4.1.2. ТТЗ № 657-10-09 продолжительность фильтроциклов по указанным заражающим агентам до уровня ПДК, при температуре исходной воды от 4 °С до 30 °С, без регенерации сорбента должна составлять не менее 100 ч.

Таблица 6 - Продолжительность фильтроциклов сорбционных материалов по обобщенным, органолептическим и токсикологическим показателям

Наименование показателя качества воды	Продолжительность фильтроциклов, ч			
	МОС-ВСК	КФГМ	БАУ-МФ	УСВРС
Водородный показатель, рН	Более 100	Более 100	Более 100	Более 100
Общая минерализация, мг/л	0	0	0	0
Жесткость общая, мг-экв/дм ³	0	0	0	0
Окисляемость перманганатная, мг/л	14	21	22	34
Нефтепродукты, суммарно, мг/л	0	12	22	34
Поверхностно-активные вещества,анионоактивные (сульфанола), мг/л	15	14	0	18
Запах, баллы	4	4	13	47
Цветность, градусы	19	5	14	Более 100
Мутность по стандартной шкале, мг/дм ³	4	4	13	47
Железо (Fe) мг/дм ³	51	0	0	Более 100
Медь (Cu ²⁺) мг/дм ³	0	0	0	0
Цинк (Zn ²⁺) мг/дм ³	0	0	0	0
Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/дм ³	0	0	0	0

Хлориды (СГ), мг/дм ³	0	0	0	0
Марганец (Мп), мг/дм ³	0	0	0	0
Полифосфаты (РО ₄), мг/дм ³	0	3	0	0
Хлор остаточный свободный, мг/дм ³	23	22	15	36
Хлор остаточный связанный, мг/дм ³	20	23	17	40
Аммиак, мг/дм ³	0	0	0	0
Алюминий, в т.ч. остаточный (Al), мг/дм ³	0	0	0	Более 100
Бериллий (Be), мг/дм ³	24	29	9	26
Бор (В), мг/дм ³	Более 100	Более 100	Более 100	Более 100
Гидразин, мг/дм ³	0	0	0	0
Дихлорэтан, мг/дм ³	9	7	16	26
Молибден (Мо), мг/дм ³	0	0	0	0
Мышьяк (As), мг/дм ³	50	21	0	18
Нитраты (NO ₃), мг/дм ³	0	0	0	0
Свинец (Pb), мг/дм ³	7	0	16	23
Селен (Se), мг/дм ³	39	14	0	14
Стронций (Sr), мг/дм ³	0	0	0	0

Фториды (F), мг/дм ³	0	0	0	0
Полиакриламид, мг/дм ³	Более 100	Более 100	Более 100	Более 100
Формальдегид, мг/дм ³	25	24	16	41
Фенол, мг/дм ³	10	11	13	11

Если рассматривать ресурс работы сорбентов по различным пунктам показателей, то можно сделать вывод о том, что по обобщенным показателям дольше всего работает УСВРС и КФГМ; по органолептическим – УСВРС и МОС-ВСК; по токсикологическим – УСВРС и МОС-ВСК.

Результаты проведенных исследований в отношении эффективности сорбентов к загрязнителям биологической природы показаны в таблице 7.

Таблица 7 - Сравнительная эффективность сорбентов в отношении микробиологических загрязнений

Тип микробиологического загрязнения	Степень очистки, %, при выработке 100 % ресурса фильтрующего элемента		
	УСВРС	КФГ-М	МОС-ВСК
Колифаги, БОЕ/дм ³	100,0	99,82	96,10
Общее микробное число, КОЕ/см ³	35,0	Менее 1,0	Менее 1,0
Число бактерий группы кишечных палочек в 1 дм ³ » (коли-индекс), КОЕ/см ³ .	100,0	96,0	85,0
Общие колиформные бактерии, КОЕ/см ³	100,0	97,80	85,30
Термотолерантные колиформные бактерии, число бактерий в 100 мл, КОЕ/см ³	100,0	99,50	83,0

Проведенные исследования показали исключительно высокую эффективность

УСВРС по микробиологическим параметрам. В большинстве случаев использование УСВРС обеспечивает очистку и обеззараживание воды, содержащей самые различные микробиологические загрязнители. Эти результаты однозначно показывают целесообразность использования УСВРС в составе войсковых средств очистки воды.

В настоящее время применительно к задаче деконтаминации воды от микробиологических загрязнений все виды известных сорбирующих субстанций и материалов являются лишь вспомогательными средствами – средствами доочистки. Полнота дезинфекции обеспечивается дополнительной обработкой воды хлор - (НГК или ДТС ГК), кислород и йодсодержащими химическими реагентами, а также физическими методами, например ультрафиолетовым излучением или электрохимическим воздействием. Достоинствами химических методов обеззараживания воды является их высокая эффективность по уничтожению болезнетворных микроорганизмов. К недостаткам же можно отнести значительную (более 1 ч) экспозицию для обеспечения обеззараживающего эффекта и необходимость дополнительных емкостей для обеспечения контакта обрабатываемой воды с окислителем.

В физических методах обеззараживающий эффект достигается путем воздействия на исходную воду тех или иных физических процессов, генерирующих в водной фазе активные частицы, разрушающие микроорганизмы. Наиболее освоено использование для обеззараживания воды применение ультрафиолетового облучения. Преимуществами способа являются высокая эффективность обеззараживания, экспрессность, отсутствие вносимых реагентов. К недостаткам следует отнести необходимость тщательного осветления исходной воды и значительные затраты электроэнергии.

Результаты исследований эффективности сорбентов УАИ-3, КФГ-М, МОС-ВСК и УСВРС в отношении загрязнителей радиологической природы представлены в отчетной документации ФГУП «НПО «Радиевый институт им. В.Г.Хлопина»: инв. № 3571 – И ДСП и инв. № 3570 – И, исх. № 217/40-1/1756 от 29.07.2011. Полученные данные показывают, что ни один из сорбентов не обеспечивает выполнение требований ТТЗ к качеству очищаемой воды по продуктам ядерного взрыва. Несмотря на проявленную в статике избирательность отдельных сорбентов к определённым радионуклидам (КФГ-М к урану и кобальту, МОС-ВСК к йоду, УСВРС к европию и т.д.), динамическая сорбционная активность исследованных сорбентов в отношении радиационных

загрязнителей в целом недостаточна в сравнении с требующейся по ТТЗ (таблица 8).

Таблица 8 - Коэффициенты распределения радиоэлементов на углеродных сорбентах

Элемент	Сорбент							
	УСВРС		УАИ-3		МОС-ВСК		КФГ-М	
	K_d 10-15 мин	K_d равн.	K_d 10-15 мин	K_d равн.	K_d 10-15 мин	K_d равн.	K_d 10-15 мин	K_d равн.
Уран	0	0	95	110	190	135	400	1185
Йод	250	3085	20	605	500	405	155	1780
Цезий	0	0	0	35	0	0	0	15
Стронций	0	110	0	35	30	55	20	40
Кобальт	0	0	0	130	5	170	195	555
Европий	610	1915	50	95	50	375	85	210

Из данных, представленных ниже в таблице 9 видно, что динамическая сорбционная активность изученных сорбентов в отношении изученных радиоэлементов явно недостаточна. Определенная активность отмечается у сорбентов КФГ-М и МОС-ВСК к урану и европию. Поэтому для эффективной очистки воды от радионуклидов необходимо применение сорбентов, высокоселективных к указанным выше радионуклидам, регламентируемым как продукты ядерного взрыва.

Селективные свойства сорбционных материалов в значительной мере определяются природой матрицы сорбента и его функциональных групп. Большое значение для сорбционного извлечения имеет также состояние радионуклидов в водной среде, а также природа и концентрация солей других элементов. Известно, что радионуклиды урана, плутония и нептуния в природных водных средах находятся в гидратированных ионных и коллоидных формах, а также в виде комплексных соединений с неорганическими ионами и гуминовыми кислотами [11]. Поэтому для извлечения

радионуклидов предпочтительно использовать сорбционные материалы, способные избирательно сорбировать радионуклиды из водных сред сложного состава.

Таблица 9 - Времена защитного действия углеродных сорбентов (ч)

Элемент	Сорбент			
	УСВРС	УАИ-3	МОС-ВСК	КФГ-М
Уран	~ 0	~ 0	~ 7,7	~ 10,1
Йод	0	1,5	< 1,0	<< 1,0
Цезий	0	0	0	0
Стронций	0	0	0	0
Кобальт	0	0	0	0
Европий	0	~ 1,6	~ 5,0	~ 10,0

При выборе сорбционного материала необходимо учитывать устойчивость сорбента в водных средах (химическую, механическую, возможно и радиохимическую), а также такие факторы, как простота получения сорбента, доступность и стоимость используемых для синтеза материалов. Кроме того, необходимо учитывать возможность дальнейшей переработки или длительного хранения сорбционного материала.

В последнее время для повышения эффективности и селективности извлечения радионуклидов все больше используются различные способы модифицирования природных и синтетических материалов, а также доступных и дешевых природных и технологических продуктов [12-16].

Примером такого материала является углеродный наносорбент высокой реакционной способности, модифицированный гидратированными оксидами поливалентных металлов (УСВРСМ). Он относится к типу композиционных сорбционных материалов. Исследование данного сорбента было проведено на этапе 4 данной работы, результаты представлены в отчете «Дополнительные материалы экспериментальных исследований» по составной части третьего этапа научно – исследовательской работы «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах

фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)» в части радиологических загрязнений, ФГУП «НПО «Радиевый институт им. В.Г.Хлопина», инв. № 3578 – И ДСП. Установлено, что сорбент УСВРСМ при высоте сорбционного слоя 15 см и скорости пропускания раствора 10 м/ч (то же 3,1 л/ч) обеспечивает уровень очистки от стронция-90 более чем в 1000 раз, от европия-152 более чем в 1000 раз, от цезия-137 более чем в 1000 раз, от урана более чем в 100 раз, что соответствует требованиям ТТЗ. Степень очистки от кобальта-60 составила величину порядка 10 раз.

Полученные результаты указывают на высокую эффективность сорбента УСВРСМ по сравнению с сорбентом УСВРС в отношении радиологических загрязнений. Целесообразно на стадии ОКР изучить возможность использования сорбента УСВРСМ в составе войсковых средств очистки воды для целей удаления указанных загрязнителей.

Очистка от ОБ и СДЯВ. В войсковых водоочистных средствах в настоящее время применяется сорбент БАУ-МФ (УАИ-3). Для очистки воды от ОБ, СДЯВ и РВ в существующих водоочистных средствах Российской армии используется сорбент катализатор КФГ-М, принятый на снабжение еще в 1940 г., который по эффективности и эксплуатационным качествам не удовлетворяет современным требованиям. Продолжительность фильтроциклов по очистке воды от ОБ до норм МДК технологическими схемами станций МФС-3, ВФС-10 и ВФС-2,5, включающими данный сорбент, в 1,5 - 2,0 раза ниже требуемых значений. То же самое, но до норм ПДК – со станциями СКО-8, СКО-10, установкой ПВУ-300. Иными словами автономная работа полевых водоочистных средств, состоящих на снабжении ВС РФ, в течение 100 ч обеспечивается только до МДК, до норм ПДК ресурс составляет только 40 - 45 ч. Ставится задача увеличить ресурс работы средств при очистке воды от ОБ, СДЯВ и РВ до норм ПДК.

Современные полевые средства водообеспечения используют для очистки воды ультрафильтрацию. Экспериментально установлено, что она снижает концентрацию ОБ (зомана) в исходной воде до 40 %, что увеличивает фильтроцикл сорбента. При одном и том же адсорбере ВФС-10 имеет ресурс до МДК - 50 часов, а СКО-8 - более 100 ч.

В исследованиях установлено, что сорбенты УАИ-3 и УСВРС не очищают воду от зарина, зомана и ОБ типа Vx до норм, установленных в ГОСТ 2874-87ВД и соответственно, не обеспечивают выполнение требований ТТЗ в отношении указанных загрязнителей. Выполнение требований ТТЗ (время защитного действия более 100 часов)

обеспечивает полностью только сорбент МОС-ВСК. Сорбент КФГ-М обеспечивает выполнение указанных требований частично, и по коэффициенту защитного действия он примерно в 2 – 3 менее эффективен, чем МОС-ВСК. В полном объеме результаты данных исследований представлены в материалах ФБУ «33 ЦНИИИ Минобороны России», инв. № 717 , исх. № 24/0299 от 07.09.2011.

Аналогичное соотношение эффективностей сорбентов наблюдается и в отношении цианидов: сорбенты УАИ-3 и УСВРС в целом малоэффективны, КФГ-М – сравнительно эффективен, МОС-ВСК – высокоэффективен.

Таблица 10 - Сравнительная эффективность сорбентов в отношении цианидов

Тип сорбента	Величина отработанного ресурса, %	Соответствие степени очистки воды заявленному в ТТЗ уровню
УАИ-3	2	Не соответствует
	10	Не соответствует
УСВРС	2	Не соответствует
	10	Не соответствует
КФГ-М	100	Соответствует
	140	Не соответствует
МОС-ВСК	100	Соответствует
	200	Соответствует

В тоже время в ходе работ было установлено (эксперименты проведены на одном типе ОВ), что композиция сорбентов: КФГ-М и УСВРС (объемное соотношение 1:1, смешанный слой) не уступает по эффективности чистому сорбенту КФГ-М при одинаковой высоте фильтрующего слоя. Это означает, что в фильтрующем элементе половина объема КФГ-М (или МОС-ВСК) может быть заменена на сорбент УСВРС без снижения его защитных свойств в отношении ОВ. Следует отметить, что с учетом существенно меньшей плотности УСВРС (0,05 – 0,07 г/см³) по сравнению с МОС-ВСК (0,37 г/см³) это обеспечит практически двукратное снижение веса фильтра.

1.3. Согласно п. 4.1.3. ТТЗ № 657-10-09 насыпной удельный вес сорбента не должен превышать 0,15-0,22 г/см³ или масса одной загрузки фильтра высотой 1 м и площадью 0,32 м² не должна быть более 50 – 70 кг. Данные характеристики, согласно ТУ

изучаемых сорбентов, указаны в таблице 11.

Таблица 11 - Насыпной удельный вес исследуемых сорбентов

Наименование показателя	Наименование сорбента			
	МОС-ВСК	КФГМ	БАУ-МФ	УСВР
Насыпной удельный вес, г/см ³	0,37	0,27	0,22	0,05 - 0,07

Все исследуемые сорбенты в рабочем состоянии (после засыпки в фильтры и уплотнения) имели плотность не менее 0,20 - 0,25 г/см³. Поэтому требование ТТЗ в части удельного веса сорбента (удельный вес сорбента не должен превышать 0,15-0,22 г/см³) является не обоснованным. Анализ массогабаритных характеристик войсковых средств очистки воды (СКО-10, ПВУ-300, НФ) показывает, что вес сорбента не имеет существенного значения в сравнении с весом корпуса или станции в целом. Поэтому, в разумных пределах, при анализе перспективности сорбента его удельный вес имеет второстепенное значение.

1.4. Согласно п. 4.1.4. ТТЗ № 657-10-09 потеря гидравлического напора на адсорбционном фильтре высотой 1 м и площадью 0,32 м² при скорости фильтрования 10 м/ч должна составлять не более 1 кгс/см². В работе при исследовании сорбентов использовались колонки высотой 8, 10 и 15 см, площадью 6,5 см². Потеря гидравлического сопротивления при этом составляла менее 1 атм. В соответствии с классическим описанием движения жидкости через неподвижные зернистые слои перепад давления определяется уравнением:

$$\Delta p = (\lambda L/d_3) \cdot (\rho w^2/2), \quad (1)$$

где Δp – перепад давления;

λ - коэффициент гидравлического трения;

L – высота колонки;

d_3 – диаметр колонки;

ρ - плотность;

w – скорость потока.

В соответствии с этим потеря гидравлического напора на адсорбционном фильтре высотой 1 м и площадью 0,32 м² при скорости фильтрования 10 м/ч будет составлять не более 1 кгс/см². Таким образом, сорбенты УАИ-3, МОС-ВСК и КФГ-М, которые относятся к классу зернистых материалов, соответствуют данному требованию ТТЗ. Сорбент УСВРС не относится к классу зернистых сорбентов и способен самоуплотняться при гидроударах или высокой скорости фильтрования. Согласно имеющейся практике применения наносорбента УСВРС в бытовых фильтрах данный сорбент наиболее эффективно работает только в составе смешанных слоев, например, в смеси с активным углем и ионообменной смолой. Потеря гидравлического напора в данном, смешанном слое сложным образом зависит от гранулометрических характеристик компонентов и гидродинамического режима движения жидкости. Поэтому на стадии выработки рекомендаций были поставлены специальные эксперименты на экспериментальном образце войскового средства очистки воды, разработанном и изготовленном на этапе 2 данной НИР. Фильтрующие элементы были заполнены смешанным сорбентом из УАИ-3 и УСВРС, взятыми в объёмном соотношении 1:1, к которому добавлено 20 % смеси в равных долях сильноосновного анионита АВ-17 и катионита КБ – 125 В.

Таблица 12 - Гидродинамические характеристики смеси сорбентов: УСВРС (42% об.), УАИ-3 (41% об.), АВ-17 (8,5% об.), КБ-125 В (8,5% об.)

Размеры фильтрующего элемента, высота, мм – диаметр, мм	350/185	650/185	132/264
Скорость пропускания воды, м/час	10 - 11	10 - 11	10 - 11
Производительность, л/час	175-200	175-200	500-600
Перепад давления на фильтрующем элементе, атм.	0,30- 0,35	0,6 – 0,7	1,2 – 1,3

Из данных следует, что сорбент УСВРС может рассматриваться, как

соответствующий данному требованию ТТЗ, только в составе смешанных слоев.

1.5. Согласно п. 4.1.5. ТТЗ № 657-10-09 активные добавки, вводимые в сорбент, не должны удаляться в процессе очистки воды, регенерации и хранения. Данные по указанной характеристике показаны в таблице 13.

Таблица 13 - Изменение качества воды, за счет активных добавок в сорбент

Активные добавки	МОС-ВСК	КФГ-М	БАУ-МФ	УСВРС
Железо	Не вымывается	Не вымывается	Не вымывается	Не вымывается
Медь	Вымывается	Вымывается	Не вымывается	Не вымывается
Аммиак	Не вымывается	Не вымывается	Не вымывается	Не вымывается
рН	Немного подщелачивает	Не изменяется	Немного подщелачивает	Не изменяется

Из полученных результатов следует, что сорбенты КФГ-М и МОС-ВСК не удовлетворяют данному требованию. Поэтому целесообразно в случае применения данных сорбентов одновременно в состав сорбционного фильтра (элемента) вводить слабокислотную катионообменную смолу (типа отечественной смолы КБ). Самым стабильным сорбентом в отношении попадания в очищаемую воду веществ, содержащихся в составе активных добавок, является УСВРС.

Из полученных экспериментальных результатов, выводы из которых представлены выше, следует, что ни один из изученных сорбентов не обеспечивает в полной мере очистку воды до уровня ПДК по всему спектру загрязнений в соответствии с требованиями ТТЗ. В тоже время проведенные исследования выявили возможность повышения ресурса и надежности фильтрующих элементов технологических схем в отношении всего спектра загрязнений (за исключением солесодержания) за счет применения в их составе комплексного сорбента, включающего перспективные сорбенты: УСВР и МОС-ВСК и высокоселективные в отношении регламентируемых радиоактивных веществ неорганические ионообменные материалы.

Обоснование требований к подобному сорбционному материалу, включающему индивидуальные сорбционные материалы и наносорбенты, которые могут быть применены в технологических схемах войсковых средств очистки и опреснения воды,

представлено в таблице 14.

Таблица 14 - Обоснование технических требований к сорбционным материалам и наносорбентам, которые могут быть применены в технологических схемах войсковых средств очистки и опреснения воды

Требование по ТТЗ	Соответствие требованиям по результатам экспериментальных исследований	Требования по результатам теоретических и экспериментальных исследований
4.1.1. Сорбент должен обеспечивать очистку воды до предельно допустимых концентраций от бактериальных средств, радиоактивных, отравляющих и сильнодействующих ядовитых веществ	Очистку воды до предельно допустимых концентраций - от радиоактивных веществ не обеспечивает ни один из изученных сорбентов; - от бактериальных средств частично обеспечивает сорбент УСВРС; - от отравляющих и сильнодействующих веществ обеспечивает сорбент МОС-ВСК и частично КФГ-М.	Комплексный сорбент, включающий в одном фильтрующем элементе нескольких видов (3) селективных сорбентов, должен обеспечивать очистку воды до предельно допустимых концентраций от бактериальных средств, радиоактивных, отравляющих и сильнодействующих ядовитых веществ
4.1.2. Продолжительность фильтроциклов по указанным заражающим агентам до уровня ПДК, при температуре исходной воды от 4 до 30 °С, без регенерации сорбента должна составлять не менее 100 ч	Продолжительность фильтроциклов по указанным заражающим агентам составляет при максимальной концентрации заражающих агентов по бактериальным средствам (усреднено) около 20 ч, по радиоактивным веществам (усреднено) – около 10 ч, по ОВ – 90-100 ч.	Продолжительность фильтроциклов должна составлять не менее 100 ч при использовании сорбента в составе сорбционных блоков СКО-10, ПВУ-300 и аналогичных средств
4.1.3. Насыпной удельный вес сорбента не должен превышать 0,15 – 0,22 г/см ³	Насыпной удельный вес сорбентов в фильтрующем элементе составляет 0,22 – 0,4 г/см ³	Насыпной удельный вес сорбента не должен превышать 0,4 г/см ³ .
4.1.4. Потеря гидравлического напора на адсорбционном фильтре высотой 1 м и площадью 0,32 м ² при скорости фильтрования 10 м/ч должна составлять не более 1 кгс/см ²	Требование выполняется	Потеря гидравлического напора на адсорбционном фильтре высотой 1 м и площадью 0,32 м ² при скорости фильтрования 10 м/ч должна составлять не более 1 кгс/см ²
4.1.5. Активные добавки,	Активные добавки меди и	Активные добавки,

вводимые в сорбент, не должны удаляться в процессе очистки воды, регенерации и хранения	железа, входящие в состав сорбента МОС-ВСК и КФГ-М частично поступают в очищаемую воду. Сорбент УАИ-3 значительно зашлаковывает очищаемую воду	вводимые в сорбент, не должны удаляться в процессе регенерации и хранения, и не должны поступать в очищаемую воду в концентрациях, превышающих ПДК для данных веществ
4.1.6. Защитные свойства сорбента должны сохраняться при следующих изменениях физико-технических показателей воды: общая жесткость – 7-80 мг экв/л; рН среды – 2-10; активный хлор – 30-100 мг/л.	Влияние в указанных пределах жесткости воды, ее кислотности и содержания активного хлора на продолжительность фильтроциклов не изучалась	Паспортные (регламентные) значения ресурса работы сорбента должны учитывать изменения физико-технических показателей воды: общая жесткость – 7-80 мг экв/л; рН среды – 2-10; активный хлор – 30-100 мг/л.
4.1.7. Очищенная вода должна отвечать «Требованиям к качеству исходной и очищенной воды по микробиологическим, токсикологическим и органолептическим показателям для средств очистки и опреснения воды»	Ни один из изученных сорбентов не обеспечивает требуемое снижение солесодержания и жесткости воды. Сорбенты не могут быть использованы для задачи опреснения воды. Требования по токсикологическим и микробиологическим показателям соответствуют (в разной степени) требованиям ТТЗ	Вода, очищенная с использованием сорбентов, должна отвечать «Требованиям к качеству исходной и очищенной воды по микробиологическим, токсикологическим и органолептическим показателям для средств очистки воды». Предварительное снижение общей и карбонатной жесткости, а также общего солесодержания до уровня ПДК должно осуществляться с использованием ионообменных материалов»
4.1.8. Гарантийный срок хранения сорбента должен быть не менее 10 лет в интервале температур от минус 50 до 50 °С и относительной влажности до 100 %	Гарантийный срок хранения сорбентов в зависимости от типа согласно ТУ изменяется от 1 до 5 лет УСВР - соответствует	Гарантийный срок хранения сорбента должен быть не менее 5 лет в интервале температур от минус 50 до 50 °С и относительной влажности до 100 %
4.1.9. Сорбент должен быть пожаро- и взрывобезопасен в условиях хранения и эксплуатации	Соответствует требованиям	Сорбент должен быть пожаро- и взрывобезопасен в условиях хранения и эксплуатации
4.1.10. Сорбент должен быть транспортабелен авиационным, железнодорожным, автомобильным и	Соответствует требованиям	Сорбент должен быть транспортабелен авиационным, железнодорожным, автомобильным и водным

водным транспортом, а также должен сохранять защитные свойства в условиях грузового десантирования		транспортом, а также должен сохранять защитные свойства в условиях грузового десантирования
4.1.11. Сорбент не должен изменять защитные свойства при воздействии нейтронного потока	Требованиям соответствуют [17]	Сорбент не должен изменять защитные свойства при воздействии нейтронного потока
4.1.12. Сорбент не должен оказывать негативного воздействия на организм;	Соответствует требованию: Согласно: МОС-ВСК – ТУ 7837-371-04838763-2010; УАИ-3 – ТУ 2162-002-52273871-2002; УСВРС – ТУ 2166-002-96144318-2010; КФГ-М – данные отсутствуют;	Сорбент не должен оказывать негативного воздействия на организм
4.1.13. Механическая прочность на истирание, % - не менее 50.	Требованию соответствуют (МОС-ВСК, УАИ-3), на УСВРС требование не распространяется (ГОСТ Р 51641-2000).	Требования по механической прочности на истирание на наносорбент не распространяются. * Сорбент УСВРС (вне смешанного слоя) не должен подвергаться нагрузкам с более 5 кг/см ²

* В качестве критерия механической прочности наносорбента может, вероятно, рассматриваться величина «сопротивление сжатию» или «временное сопротивление сжатию». В соответствии с опытными данными сопротивление сжатию УСВРС составляет ~ 0,5 МПа, и эта величина может быть предъявлена как требование к механической прочности. Однако, общепринятого критерия механической прочности наносорбентов в настоящее время не имеется.

1.3 Сравнительный анализ, технико-экономическое обоснование применения сорбционных материалов в войсковых средствах очистки воды

Модернизация водоочистных средств путем совершенствования сорбента наиболее технически и экономически целесообразное решение повышения их обеззараживающей способности.

Усовершенствование техники, находящейся в эксплуатации и на хранении в части повышения ее показателей по очистке природной воды, вызовет наиболее серьезные технические и экономические трудности. Необходимо будет укомплектовать ее новым оборудованием, например компрессором и дополнительным насосом, усовершенствовать систему автоматики и управления и т.д. На практике, к каждой станции и установке необходим индивидуальный подход. Необходимо оценить ее техническое состояние, комплектацию, год выпуска, необходимость модернизации и затраты на ее осуществление и т.д. Только после этого может быть принято решение по модернизации.

Увеличение обезвреживающей способности средств водоочистки от БС, ОВ, СДЯВ и РВ при их модернизации не вызовет значимых материальных затрат. Потребуется лишь заменить сорбент (активный уголь) на более современный, с большой сорбционной емкостью. Корпуса адсорберов средств типа СКО-10 рассчитаны на скорость фильтрования 10-12 м/ч при высоте загрузки сорбента 1000 мм, что не потребует их замену.

Повышение технических характеристик средств водоочистки путем совершенствования сорбента должно осуществляться одновременно по трем направлениям:

- увеличение эффективности сорбента в отношении микробиологических загрязнений;
- увеличение эффективности сорбента в отношении ОВ и СДЯВ;
- увеличение эффективности сорбента в РВ (продуктов ядерного взрыва).

Микробиологические загрязнения. Из данных, представленных в разделе 1.3 отчета, следует:

В средствах полевого водообеспечения, состоящих на снабжении ВС РФ и использующих безреагентную мембранную технологию, обеззараживание воды происходит на нескольких стадиях технологического процесса:

А. На стадии ультрафильтрации вода обеззараживается от бактерий и вирусов. Содержание бактерий снижается в 100-1000 раз, вирусов - в 1000-10000 раз. Бактерии просто отфильтровываются. Средний размер пор мембраны составляет 0,005-0,12 мкм, что

в 2-50 раз меньше самой малой из них. Проскок происходит из-за возможных обрывов волокон, а также наличия в мембране пор больших размеров, чем бактерии, что в определенных пределах является нормальным явлением. Обезвреживание от вирусов объясняется действием электростатических сил - вирусы несут отрицательный электростатический заряд, мембрана заряжена положительно. Обеззараживание на ультрафильтрах - процесс сопутствующий. Основное их назначение - очистка воды от механических частиц, высокомолекулярных органических веществ, коллоидов и т.д.

Б. Обеззараживание воды стерилизующей микрофильтрацией. В современных средствах водоочистки (СКО-10, ПВУ-300 и др.) микрофильтры на основе патронных элементов из микрофильтрационной стерилизующей мембраны применены для обеззараживания от споровых форм бактерий. На этой стадии вода практически полностью обеззараживается от бактерий, включая споровые формы. В указанных средствах применены фильтры на основе элементов натронных мембранных из стерилизующей мембраны, т.е. мембраны с гарантированными порами не более 0,2 мкм. Самая маленькая патогенная бактерия имеет приведенный размер 0,22 мкм. Для надежности обеззараживания фильтрация осуществляется двумя ступенями, работающими последовательно. Тем не менее, учитывая механизм микрофильтрации и возможность дефектов в мембранах, теоретически, при исходном заражении бактериями воды 10^6 м.т./л, через мембрану, в фильтрат пройдет 6 м.т. Патронные элементы из стерилизующей микрофильтрационной мембраны ЭПМ довольно дороги. Кроме того, срок их службы - 10 сут и не более после начала использования по назначению, в независимости от общего времени фильтрования, из-за возможного «пророста фильтра», т.е. возможно прорастание колонии бактерий со стороны фильтратной полости. Учитывая, что обеззараживание от патогенных споровых форм бактерий необходимо лишь в особый период или в зонах инфекций, патронные элементы в войсковых средствах находятся в комплекте ЗИП и монтируются в корпусе фильтров только в указанных случаях.

В. Следующая стадия обеззараживания - адсорбция на активных углях. До настоящего исследования считалось, что активные угли практически не обладают бактерицидным действием. Результаты, полученные в ходе исследования сорбента УСВРС, показывают, что данный наносорбент успешно позволяет осуществлять очистку воды от большинства видов микробиологических загрязнений даже при их концентрации $\sim 10^6$ м.т./л. Поэтому применение УСВРС в сорбционных блоках средств водоочистки позволяет гарантированно обеспечить выполнение требований ТТЗ по степени очистки воды по данному виду загрязнителей. Наиболее эффективно применение УСВР для очистки воды от микробиологических загрязнений будет в носимых фильтрах НФ-10, НФ-

50, где не предусмотрена стадия обеззараживания УФ-облучением, как в станциях СКО-10, СКО-10/5.

Радиоактивные вещества (РВ, продукты ядерного взрыва). Исследования эффективности сорбентов в отношении загрязнителей радиологической природы (ГОСТ РВ 9999-002-2009), результаты которых представлены в отчетной документации инв. № 3571 – И ДСП и инв. № 3570 – И ФГУП «НПО «Радиевый институт им. В.Г.Хлопина», исх. № 217/40-1/1756 от 29.07.2011, свидетельствуют, что ни один из сорбентов не обеспечивает выполнение требований ТТЗ к качеству очищаемой воды по продуктам ядерного взрыва. Ограниченную эффективность (5 – 10 % от требований ТТЗ) в отношении урана и европия проявляют КФГ-М и МОС-ВСК. Изотопы стронция и цезия исследованными сорбентами практически не задерживаются.

В очищенной воде, близкой по своим характеристикам воде, получаемой после стадий ультрафильтрации, микрофильтрации и обратноосмотической очистки в станциях типа СКО-10/5, удаление РВ возможно с использованием модифицированного наносорбента УСВРСМ. Соответствующие результаты представлены в отчете «Дополнительные материалы экспериментальных исследований» по составной части третьего этапа научно – исследовательской работы «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)» в части радиологических загрязнений, ФГУП «НПО «Радиевый институт им. В.Г.Хлопина», инв. № 3578 – И ДСП. В экспериментах с использованием модельных растворов установлено, что сорбент УСВРСМ при высоте сорбционного слоя 15 см и скорости пропускания раствора 10 м/ч (то же 3,1 л/ч) обеспечивает уровень очистки от стронция-90 более чем в 1000 раз, от европия-152 более чем в 1000 раз, от цезия-137 более чем в 1000 раз, от урана более чем в 100 раз, что соответствует требованиям ТТЗ. Степень очистки от кобальта-60 составила величину порядка 10 раз. В воде с высоким солевым фоном эффективность сорбента резко падает.

Для извлечения радиоактивных элементов из природных водных сред должны применяться высокоселективные сорбенты одного из следующих классов:

А. Полимерные ионообменные сорбенты (катиониты с карбоксильными, фосфорнокислотными и сульфогруппами, а также винилпиридиновые ионообменники). В России выпускаются в промышленном и полупромышленном масштабе ионообменные смолы КУ-1, КУ-2, АНКБ-2, КБ-4П2 [18]. Однако эффективность применения этих ионообменников снижает их невысокая избирательность по отношению к радионуклидам,

особенно при высоком содержании солей других элементов.

Б. Комплексообразующие сорбенты. Многие комплексообразующие сорбенты с различными функциональными группами могут быть использованы для извлечения радионуклидов из нейтральных природных вод. Это сорбенты с группами фосфорнокислотными, амидоксимными, гидроксамовыми, иминодиацетатными и другими, которые в нейтральных растворах способны сорбировать радионуклиды за счет их комплексообразования в присутствии солей щелочных и щелочноземельных элементов [19, 20]. Такие сорбенты обеспечивают возможность избирательного извлечения радионуклидов из природных водных сред, в том числе с высоким содержанием солей [21]. Создано много таких материалов и изучена возможность их использования для концентрирования урана и тория, в частности, для их выделения из различных природных вод (речных, грунтовых, морских) и последующего определения [22]. Сорбенты с амидоксимными группами на различных носителях, в том числе на полимерных и минеральных матрицах, а также на основе волокнистых материалов, показали высокую эффективность при извлечении радионуклидов в присутствии солей, а также хорошие кинетические свойства [11, 13, 16, 21, 23-27].

В. Неорганические ионообменники. Неорганические сорбенты в значительной степени удовлетворяют требованиям селективности по отношению к отдельным радионуклидам, обладают механической, химической и радиационной устойчивостью, многие имеют невысокую стоимость. В связи с этим, в последние 10—15 лет активизировались работы в области неорганических сорбентов: созданы новые сорбенты с улучшенными свойствами, в том числе композиционные, гибридные и другие формы сорбционных материалов. В этом отношении следует отметить практически доступные в промышленных количествах неорганические ионообменники на основе гидроксидов металлов, прежде всего, из класса «Термоксидов». Исследованы сорбционно-кинетические свойства гидроксидных сорбентов марки «Термоксид»: Т-3 (гидратированный диоксид циркония), Т-5 (гидратированный диоксид титана) и Т-23 (гидратированный диоксид олова), полученные при различной температурной обработке (100 и 400 °С), по отношению к стронцию [28]. Эти сорбенты имеют достаточно большую емкость по Sr, а именно 0,6—0,85 ммоль/г при pH=9 и ионной силе раствора 0,02 моль/л. Величина pH и ионная сила раствора значительно влияют на селективность гидроксидных сорбентов к стронцию: для образца Т-5 (100 °С) характерна более высокая избирательность по отношению к стронцию, чем для Т-5 (400 °С) [29]. Синтезированы также модифицированные «Термоксид» марки Т-35 и Т-55 [29]. В качестве исходных носителей были использованы диоксид циркония (Т-3) — Т-35 и диоксид титана (Т-5) —

T-55, которые модифицировали ионами никеля с последующим переводом в смешанные ферроцианиды калия-никеля. Показано, что на сорбенте T-55 (400 °С) достигается более высокий коэффициент распределения цезия ($K_d = 1,12 \cdot 10^5$ мл/г) при сорбции из водопроводной воды (концентрация цезия в растворе 0,5 мг/л), в то время как для сорбента T-35 он равен лишь $9 \cdot 10^3$ мл/г. Сорбент марки T-55 представляется перспективным для очистки природных водных сред от РВ.

Г. Другие селективные к РВ сорбенты. Исследована сорбция урана, трансурановых элементов, радиоактивных Cs и Sr из водных растворов применяемая в практике очистки водных сред хитином и хитозаном [30]. Установлено, что полупродукт производства хитина — хизит-03 — по сорбционным свойствам не уступает хитозану и значительно превосходит хитин. На основе хизита-03 и различных органических связующих изготовлены композиционные сорбенты. Лучшие характеристики имеют материалы на основе хизита-03 и перхлорвинила: коэффициент распределения урана(VI) из водных сред составляет $(4—5) \cdot 10^3$ мл/г, емкость сорбента 0,8—4,5 мг-экв/г при pH = 3—5. Коэффициенты распределения при сорбции Pu(IV), Cm(III), Am(III) изменяются в ряду $Pu < Cm < Am$ и составляют от 3000 до 15000 мл/г при pH = 4—6. Для одновременного извлечения указанных выше радионуклидов и цезия разработаны хитинсодержащие материалы, модифицированные ферроцианидом меди [30]. На основе хитина и хитозана создан сорбент, характеризующийся высокой химической стойкостью в концентрированных растворах щелочи (до 4 М раствор NaOH) и высокой селективностью к плутонию и нептунью: $K_d = (3—9) \cdot 10^3$ мл/г; в нейтральных растворах $K_d = 8 \cdot 10^3—10^4$ мл/г. Солевой фон (до 2 М раствор NaN_3) не оказывает заметного влияния на сорбцию [31].

Таким образом, для эффективной очистки воды от РВ целесообразно использовать в составе сорбционного блока высокоселективные к указанным радионуклидам ионообменные материалы одного из перечисленного выше в пунктах А – Г классов. Сорбенты УАИ-3, КФГ-М, МОС-ВСК и УСВРС не обеспечивают очистку от РВ в существующих технологических схемах водоочистки (СКО-10, ПВУ-300, НФ-10, НФ-50). Сорбент УСВРСМ эффективен только в слабоминерализованной воде, и слабо эффективен во всех случаях к Со-60.

ОВ и СДЯВ. Исследования эффективности сорбентов в отношении ОВ представлены в закрытом «Акте исследований динамической активности сорбционных материалов УСВРС, УАИ-3, МОС-ВСК и КФГ-М по отношению к веществам – зоман, зарин, и иприт», инв. № 717 (ФГУ «33 ЦНИИ Минобороны России»). Полученные данные показывают, что требованиям ТТЗ практически соответствует МОС-ВСК, остальные сорбенты в не полной мере соответствуют или не соответствуют полностью.

Как в военное, так и в мирное время следует учитывать возможность заражения воды токсичными компонентами: мышьяком, селеном, цианидами, свинцом и отравляющими веществами. В исследованиях были оценены защитные характеристики сорбентов по отношению к таким СДЯВ, как мышьяк, селен, цианиды, свинец. Установлено, что более эффективными оказались сорбенты МОС-ВСК и КФГМ. УАИ-3 и УСВРС в целом не эффективны в отношении указанных токсичных компонентов (таблица 6).

Из этих данных следует, что повышение эффективности войсковых средств очистки воды в отношении ОВ и СДЯВ может быть достигнуто путем введения в состав сорбционных элементов сорбента МОС-ВСК.

Важным параметром, характеризующим качество воды практически всех поверхностных водоемов, является загрязненность, регламентируемая по таким параметрам, как запах, вкус и привкус, цветность, мутность, железо, алюминий, хлор, нефтепродукты. При исследованиях установлено, что сорбент УСВРС в большинстве случаев позволяет достичь лучших результатов по очистке, чем КФГМ, МОС-ВСК и УАИ-3. Количественные характеристики представлены выше в таблице 6 и кратко в таблице 15. По показателям сорбционной активности в случае железа, алюминия, вкуса, запаха, мутности и цветности он превосходит другие исследованные сорбенты многократно (от двух и более раз).

Таблица 15 - Сравнительные характеристики сорбентов в отношении показателей, характерных для поверхностных водных источников: запаха, цветности, мутности, железа, алюминия

Тип загрязнения	Время защитного действия, T_z , ч, при высоте слоя сорбента 1 м и скорости потока воды 10 м/ч			
	МОС-ВСК	КФГ-М	УАИ-3	УСВРС
Запах	4	4	13	47
Цветность	19	5	14	Более 100
Мутность	4	4	13	47
Железо	51	Не эффективен	Не эффективен	Более 100
Алюминий	Менее 10	Менее 10	Менее 10	Более 100

В станциях типа СКО-10 удаление мутности и, частично, других указанных загрязнителей, осуществляется на стадии ультрафильтрации. В носимых фильтрах НФ-10 и НФ-50, вероятно, применение в составе сорбционного элемента сорбента УСВРС позволит увеличить ресурс его работы в отношении указанных загрязнителей параллельно с увеличением эффективности очистки от микробиологических загрязнений.

Технико-экономическая оценка повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их

технологических схемах фильтрующих элементов на основе УСВРС и МОС-ВСК может быть проведена на примере станции СКО-10. Как указано выше, штатный сорбент КФГМ в составе сорбционного блока обеспечивает очистку воды от ОВ до норм ПДК только в пределах 40 – 45 часов. В исследованиях (ФБУ «33 ЦНИИИ Минобороны России», инв. № 717, исх. № 24/0299 от 07.09.2011) установлено, что сорбент МОС-ВСК при очистке воды от основных типов ОВ эффективней КФГ-М от 2 до 3 раз. Следовательно, замена КФГ-М на МОС-ВСК обеспечит повышение ресурса работы сорбционного блока станции СКО-10 также, по крайней мере, в 2 раза. В настоящее время сорбент КФГ-М не производится, а МОС-ВСК производится только в опытно-промышленном масштабе. Поэтому стоимость производства этих материалов может быть оценена очень приблизительно, исходя из того, что в КФГ-М носителем является активированный древесный уголь (стоимость 48 – 75 руб./кг), а в МОС-ВСК – активированный уголь из скорлупы кокосового ореха (около 150 руб./кг). Стоимость производства КФГ-М вероятно близка к стоимости производства катализатора-сорбента железа на угле ИКТ-7-10 (ТУ 6-09-5538-88), производимого на основе активированного древесного угля, и составляет около 300 руб./кг. В этом случае, стоимость МОС-ВСК может составить за счет перехода к более дорогому носителю около 400 руб./кг. Ориентируясь на данные оценки стоимости КФГ-М и МОС-ВСК, можно предположить, что стоимость сорбента в составе сорбционного блока станции СКО-10 составит в случае КФГ-М – около 25 тыс. руб., а в случае МОС-ВСК - 47 тыс. руб. Следовательно, учетом более чем двух кратного увеличения ресурса работы станции в случае использования МОС-ВСК (47 тыс. руб.), даже без учета временных и трудовых затрат, использование МОС-ВСК оказывается экономически более эффективным, чем КФГ-М (25 тыс. руб.).

В исследованиях также было отмечено, что смесь, составленная из КФГ-М и УСВРС в объемном отношении 1:1, обладает такой - же обезвреживающей способностью, как и чистый сорбент КФГ-М. Следовательно, заменив в сорбционном блоке КФГ-М (83 кг, 25 тыс. руб.) на смесь из КФГ-М (42 кг, 13 тыс. руб.) и УСВРС (5 кг, 800 руб./кг, всего на 4 тыс. руб.) мы получили сорбционный элемент с идентичной обезвреживающей способностью и меньшей стоимостью: 25 тыс. руб. и 17 тыс. руб., соответственно. Эта оценка не учитывает, что введение УСВРС в состав сорбционного блока одновременно обеспечит обеззараживающее действие в отношении большинства загрязнителей биологической природы и увеличение ресурса в отношении еще целого ряда загрязнителей.

Подобные оценки будут, вероятно, справедливы и в отношении станции ПВУ-300 и носимых фильтров типа НФ.

Таким образом, оценки экономической эффективности применения УСВРС и МОС-ВСК в составе сорбционных элементов войсковых средств очистки воды показывают, что данное предложение является экономически выгодным и обеспечивает, одновременно, повышение качества очищаемой воды за счет обеззараживающего и бактериостатического действия УСВРС.

1.4 Предложения по совершенствованию технологической схемы очистки воды войсковых средств с использованием исследуемого сорбента

Предложения по совершенствованию технологической схемы очистки воды войсковых средств выработаны на основании результатов экспериментальных исследований углеродного наносорбента на основе УСВРС, перспективного сорбента МОС-ВСК, а также сорбентов, состоящих на снабжении войск: КФГ-М, БАУ-М. В ходе исследований изучена сорбционная активность указанных сорбентов по широкому спектру загрязнений (химической, физической и биологической природы) по программе исследований, позволяющей использовать полученные результаты для прогнозирования работы сорбентов в составе войсковых средств очистки воды. Результаты экспериментальных исследований содержатся в следующих материалах:

Отчет промежуточный по 3 этапу научно-исследовательской работы «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)», ООО «Холдинг «Золотая Формула», СПб, 197 с., инв. № Пл 2011-07/3, 2011 г.;

Отчет о научно-исследовательской работе «Военно-научное сопровождение НИР «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)». НИИЦ (МБЗ) ФГУ «ГосНИИИ ВМ МО РФ»; исх. № 44 ДСП от 26.07.2011 г.;

Отчет по договору № 0043/40-01-1-2011. «Исследование эффективности сорбентов при очистке воды от загрязнений радиологической природы». ФГУП «НПО «Радиевый институт им. В.Г.Хлопина» исх. № 217/40-1/1756 от 29.07.2011;

Отчет «Дополнительные материалы экспериментальных исследований» по составной части третьего этапа научно – исследовательской работы «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)» в части радиологических загрязнений», ФГУП «НПО «Радиевый институт им. В.Г.Хлопина», инв. № 3578 – И ДСП;

«Акт исследований динамической активности сорбционных материалов УСВРС, УАИ-3, МОС-ВСК и КФГ-М по отношению к веществам – зоман, зарин, и иприт», инв. № 717, ФГУ «33 ЦНИИИ Минобороны России».

Предложения по совершенствованию технологической схемы очистки воды войсковых средств сформулированы по следующим направлениям повышения эффективности сорбционных блоков (элементов), входящих в состав современных средств очистки воды:

А. Повышение эффективности при очистке от загрязнителей, характерных для всех поверхностных водных источников. Это загрязнители, регламентируемые по таким параметрам, как запах, вкус и привкус, цветность, мутность, железо, алюминий, хлор, нефтепродукты. При исследованиях установлено, что сорбент УСВР по сравнению с КФГМ, МОС-ВСК и БАУ-МФ в большинстве случаев превосходит другие исследованные сорбенты многократно (от 2 и более раз). Это потенциально позволяет пропорционально увеличить ресурс работы штатного оборудования и его производительность;

Б. Повышение эффективности при очистке от микробиологических загрязнителей. Проведенные исследования показали исключительно высокую эффективность УСВРС по этим параметрам. В большинстве случаев использование УСВР обеспечивает очистку и обеззараживание воды, содержащей самые различные микробиологические загрязнители. Эти результаты однозначно показывают целесообразность использования УСВРС в составе сорбционных блоков СКО-10, ПБУ-300, а также, вероятно, в НФ-10 и НФ-50. Это может позволить повысить степень очистки и, возможно, упростить существующие технологические схемы очистки воды, заменив или ограничив применение реагентных или УФ - методов обеззараживания на финишной стадии водоподготовки. Кроме того, введение УСВРС в состав сорбционного блока целесообразно для устранения повторного заражения воды в самостоятельных водоочистных устройствах (НФ-10, НФ-50), так и входящих в состав комплексных технологических схем водоподготовки. Это решение предполагает введение в состав стандартной обезвреживающей сорбционной засыпки на основе КФГ-М (или МОС-ВСК) сорбента УСВР в количествах, обеспечивающих бактериостатическое действие;

В. Повышение эффективности при очистке от ОВ и СДЯВ. В исследованиях оценены защитные характеристики сорбентов по отношению к этим загрязнителям и установлено, что наиболее более эффективным оказался сорбент МОС-ВСК. Достаточно эффективен КФГМ. БАУ-МФ и УСВР в целом не эффективны в отношении указанных токсичных компонентов. Поэтому совершенствование войсковых средств очистки воды в части повышения эффективности очистки от ОВ и СДЯВ может проводиться путем

включения в состав сорбционного фильтра сорбента МОС-ВСК.

Сорбционный фильтр в стандартном безреагентном средстве очистки воды выполняет функции по удалению органических примесей. Включение УСВРС в состав данного элемента (например, на 10%) увеличит ресурс фильтра в отношении органических загрязнений (оценка по коэффициенту защитного действия в отношении нефтепродуктов) и, что весьма существенно, позволит устранить возможности заражения воды вторичной микрофлорой, развивающейся в обычных условиях на углеродных сорбентах.

Указанные выше возможные направления применения УСВР в технологических схемах очистки воды могут быть также успешно реализованы в носимых индивидуальных фильтрах (НФ-10, НФ-50), например, для повышения надежности тканевых блок-фильтров.

Мировой и отечественный опыт применения сорбирующих, фильтрующих и ионообменных материалов для очистки воды показывает, что наиболее эффективным является использование в составе единого блока очистки нескольких материалов с наиболее высокими техническими характеристиками. Проведенные исследования выявили возможность повышения ресурса и надежности фильтрующих элементов технологических схем в отношении конкретных видов загрязнений за счет применения в их составе перспективных сорбентов: УСВРС и МОС-ВСК. Для очистки от РВ целесообразно использовать высокоселективные неорганические ионообменные материалы. С применением указанных сорбентов представляется возможным создание комплексного сорбента, потенциально способного обеспечить очистку воды с высокими динамическими характеристиками по всему кругу практически значимых загрязнителей. Условия и порядок применения этого комплексного сорбента могут быть разработаны применительно к конкретным войсковым средствам очистки воды на стадии ОКР.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научно-исследовательская работа выполнена с целью исследования эффективности применения перспективных сорбционных материалов, а также фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС) в технологических схемах войсковых средств очистки воды.

В работе были решены следующие задачи:

- Проведен анализ современных отечественных и зарубежных сорбционных материалов, применяемых в средствах очистки воды.

Эти исследования были выполнены на этапе 1 работы. Работа включала анализ научно-технической и патентной литературы по применению сорбционных материалов для очистки воды в полевых условиях, патентные исследования сорбционных материалов и наносорбентов, сравнительную оценку перспективных отечественных и зарубежных сорбционных материалов, обоснование требований к сорбционным материалам для войсковых средств очистки и опреснения воды, составление ОНТД по этапу. Установлено, что наиболее перспективным методом повышения эффективности средств очистки воды, одновременно исключая десорбцию опасных компонентов при их повторном применении, может быть использование наносорбентов с реакционно способными функциональными группами. При этом нанодисперсный сорбент должен быть нанесен на поверхность крупнопористого носителя, что обеспечивает технологичность применения. На данном этапе 1 работы подготовлена техническая документация: отчет о патентных исследованиях, промежуточный научно-технический отчет и выработаны предварительные требования к сорбционным материалам, которые могут быть применены в войсковых средствах очистки воды.

- Проведены экспериментальные исследования адсорбционной активности по широкому спектру загрязнений. Эти исследования были проведены на этапе 2 и этапе 3 работы.

На этапе 2 работы проведен анализ технических решений по оборудованию для проведения экспериментальных исследований, разработана РКД на экспериментальный образец войскового средства очистки воды, изготовлен экспериментальный образец войскового средства очистки воды, разработаны программы и методики проведения экспериментальных исследований, составлен ОНТД по этапу. Разработанные программы и методики испытаний позволили в последующем получить объективные количественные данные об эффективности сорбентов в условиях, подобных их эксплуатации в войсковых средствах очистки воды. Разработанный и изготовленный экспериментальный стенд

использован на стадии выработки рекомендаций по применению перспективных сорбентов и уточнения тактико-технических требований к сорбентам. На данном 2 этапе работы подготовлена научно-техническая документация: РКД на экспериментальный образец, программы и методики испытаний и промежуточный отчет по этапу 2.

На этапе 3 работы проведены экспериментальные исследования штатных сорбентов (УАИ-3 и КФГ-М) и перспективных сорбентов (УСВРС и МОС-ВСК) в отношении широкого круга загрязнителей (55 типов загрязнителей). Исследованные загрязнители включали как вещества, потенциально присутствующие в водных источниках, так и ОВ, РВ и БС. Проведено обобщение и оценка результатов экспериментальных исследований. При этом установлено: а) повышения эффективности очистки от ОВ перспективен сорбент МОС-ВСК. Он превосходит по эффективности штатный сорбент КФГ-М в случае большинства ОВ от 2 до 3 раз, б) для повышения эффективности очистки воды от загрязнителей, регламентируемых по таким параметрам, как запах, вкус и привкус, цветность, мутность, железо, алюминий, перспективен УСВРС. По этим показателям он превосходит другие исследованные сорбенты от 2 и более раз, в) УСВРС полностью обеспечивает выполнение требований ТТЗ при очистке воды от биологических средств массового поражения, не образующих и образующих споры. В этом отношении он превосходит сорбенты КФГ-М и МОС-ВСК более чем в 10 раз. По показателю «Биологический поражающий агент вирусной природы» он превосходит КФГ-М и МОС-ВСК от 3 до 6 раз. При очистке воды от биологических токсинов сорбенты имеют сравнимую эффективность и обеспечивают выполнение требований ТТЗ по данному параметру только на 10 – 20%, г) для устранения повторного бактериального заражения воды в блоках сорбционной очистки, как самостоятельных водоочистных устройств, так и входящих в состав комплексных технологических схем водоподготовки, перспективно введение в состав стандартной обезвреживающей сорбционной засыпки на основе КФГ-М (или МОС-ВСК) сорбента УСВРС, д) , введение УСВРС в состав обеззараживающей сорбционной засыпки на основе КФГ-М повышает эффективность его использования при очистке от ОВ.

С учетом полученных данных выполнена оценка возможности повышения эффективности войсковых средств очистки и опреснения воды путем применения в их технологических схемах перспективных сорбционных материалов, а также фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС). Также на данном этапе работы подготовлено заключение о соответствии сорбционных материалов тактико-техническим требованиям по очистке воды по всему спектру загрязнений и разработаны рекомендации по применению

фильтрующих элементов на основе перспективных сорбционных материалов и наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)» в технологических схемах войсковых средств очистки и опреснения воды. По результатам работы на этапе 3 выдана научно-техническая документация: отчет по этапу 3 и рекомендации по применению фильтрующих элементов на основе перспективных сорбционных материалов и наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)» в технологических схемах войсковых средств очистки и опреснения воды.

- Оценена возможность повышения эффективности войсковых средств очистки и опреснения воды путем применения в их технологических схемах перспективных сорбционных материалов, а также фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС).

Эта оценка выполнена с учетом всего объема данных полученных на этапах 1, 2 и 3 работы. Данные исследований проанализированы и обобщены на этапе 4. Результаты данного анализа, а также технико-экономическое обоснование применения сорбционных материалов в войсковых средствах очистки воды и предложения по совершенствованию технологической схемы очистки воды войсковых средств с использованием исследуемого сорбента приведены в данном, заключительном отчете выше.

- Обоснованы общие технические и медико-технические требования к сорбционным материалам, которые могут быть применены в технологических схемах войсковых средств очистки и опреснения воды.

Работа выполнено с учетом результатов экспериментальных исследований сорбентов и представлена в виде документа: «Обоснование требований к сорбционным материалам и наносорбентам, которые могут быть применены в технологических схемах войсковых средств очистки и опреснения воды». При испытаниях отдельных сорбентов установлено, что ни один из изученных сорбентов не обеспечивает в полной мере очистку воды до уровня ПДК по всему спектру загрязнений в соответствии с требованиями ТТЗ. В тоже время проведенные исследования выявили возможность повышения ресурса и надежности фильтрующих элементов технологических схем в отношении всего спектра загрязнений (за исключением солесодержания) за счет применения в их составе комплексного сорбента, включающего перспективные сорбенты: УСВР и МОС-ВСК и высокоселективные в отношении регламентируемых радиоактивных веществ неорганические ионообменные материалы. Поэтому технические требования

сформулированы на подобный, комплексный сорбент.

- Разработаны рекомендации по применению фильтрующих элементов на основе перспективных сорбционных материалов и наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)» в технологических схемах войсковых средств очистки и опреснения воды.

Результаты разработки представлены в виде отдельного документа: «Рекомендации по применению фильтрующих элементов на основе перспективных сорбционных материалов и наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)» в технологических схемах войсковых средств очистки и опреснения воды» и в виде приложения в данном отчете. Основным вывод, полученный при разработке рекомендаций, указывает, что модернизация водоочистных средств путем совершенствования сорбента наиболее технически и экономически целесообразное решение повышение их эффективности. Увеличение обезвреживающей способности средств водоочистки от БС, ОВ, СДЯВ и РВ при их модернизации не вызовет значимых материальных затрат. Потребуется лишь заменить сорбент (активный уголь) на более современный, с большой сорбционной емкостью. Проведенные исследования выявили возможность повышения ресурса и надежности фильтрующих элементов технологических схем в отношении конкретных видов загрязнений за счет применения в их составе перспективных сорбентов: УСВРС и МОС-ВСК.

С учетом всего объема полученных экспериментальных данных и результатов сравнительного анализа, можно рекомендовать для повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды ориентироваться на разработку комплексного сорбента на основе УСВРС и МОС-ВСК, включающего дополнительно для очистки от РВ неорганические ионообменники на основе гидроксидов металлов, прежде всего, из класса «Термоксидов». Это позволит существенно улучшить характеристики применяемых сегодня сорбентов и эффективность водоочистных средств в целом.

- Разработан экспериментальный образец войскового средства очистки воды.

Разработка и изготовление этого образца осуществлены на этапе 2 работы, на этапах 3 и 4 работы он использован на стадии выработки рекомендаций по применению перспективных сорбентов и уточнения тактико-технических требований к сорбентам.

- Разработан проект тактико-технического задания на опытно-конструкторскую работу в промышленности по модернизации войсковых средств очистки и опреснения воды путем применения в их технологических схемах перспективных сорбционных материалов и элементов на основе наносорбентов.

Работа выполнена на этапе 4 и представлена в данном итоговом отчете в виде приложения.

На этапе 4 работы также проведен сравнительный анализ, технико-экономическое обоснование применения сорбционных материалов в войсковых средствах очистки воды и выработаны предложения по совершенствованию технологической схемы очистки воды войсковых средств с использованием исследуемого сорбента. Материалы включены в итоговый отчет.

Основные выводы, сделанные на основании проведенных исследований, состоят в следующем:

1. Перспективные сорбенты: УСВРС и МОС-ВСК существенно превосходят штатные сорбенты БАУ-МФ (УАИ-3) и КФГ-М по эффективности очистки воды. При этом наиболее ярко эти преимущества проявляются в случае МОС-ВСК при очистке воды от ОВ и СДЯВ, в случае УСВРС – в случае микробиологических загрязнителей и загрязнителей, определяющих качество воды по органолептическим показателям. Это потенциально позволяет повысить ресурс работы адсорбционных блоков, обязательно входящих в состав всех рассмотренных войсковых средств очистки воды и, зачастую, определяющих ресурс работы средств очистки воды в целом. На основании анализа полученных экспериментальных данных можно считать возможным повышение ресурса войсковых средств очистки воды до 2 раз за счет включения в состав сорбционных блоков сорбентов УСВРС и МОС-ВСК;

2. Решения по повышению эффективности войсковых средств очистки и опреснения воды путем применения в их технологических схемах перспективных адсорбционных материалов являются технически и экономически наиболее целесообразными. Изученные и предлагаемые к применению перспективные сорбенты производятся в промышленном (УСВРС) или опытно-промышленном (МОС-ВСК) масштабе в нашей стране и потенциально могут быть использованы в стоящих на вооружении средствах водоочистки. Экономически применение сорбентов УСВРС и МОС-ВСК выгодно, поскольку стоимость этих сорбентов, отнесенная на объем очищенной ими воды, ниже, чем в случае штатного сорбента КФГ-М;

3. Введение УСВРС в состав сорбционных элементов также обеспечивает повышение качества очищаемой воды за счет обеззараживающего и бактериостатического действия УСВРС;

4. Обессоливание или опреснение высокоминерализованных вод сорбционным методом в рамках существующих технологических схем войсковых средств очистки воды является технически нецелесообразным;

5. Для очистки воды от РВ – продуктов ядерного взрыва – следует в состав сорбционного блока ввести высокоселективные неорганические ионообменники, рассмотренные в данном отчете.

Экспериментальные и теоретические исследования, предусмотренные ТТЗ № 657-10-09 «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)» (шифр «Плавник-Н»), выполнены в полном объеме. Предложены и обоснованы технически и экономически целесообразные решения задач, поставленных в данной работе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Наставление по военно-инженерному делу для Советской Армии.- М.: Воениздат, 1984 г.- 576 с.
- 2 Кошелев Н.Ф., Нарыков В.И., Осипов В.М. Гигиена водоснабжения войск. СПб.: Петроглиф, 2008.- 310 с.
- 3 Химическая оборона России. М.: Изд-во «Летопись», 1998.- 270 С.
- 4 Авчинников А.В. Гигиеническая оценка современных способов обеззараживания питьевой воды // Гигиена и санитария. – 2001. - № 2. – С. 11-20.
- 5 Алешин Г.В. и др. Средства полевого водоснабжения // Зарубеж. воен. обозрение.– 1985 - № 1. - С. 32.
- 6 Бокарев М.А. и др. Возможности войсковых коллективных средств водоочистки для получения воды питьевого // Материалы Всеарм. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы организации медицинского обеспечения войск и населения при чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени». – СПб., 2006. – С. 149-151.
- 7 Бокарев М.А. К вопросу обоснования показателей эпидемической безопасности воды, обработанной полевыми водоочистными средствами // Материалы XXXIX науч. конф. СПб МАПО «Хлопинские чтения» / под ред. А. П. Щербо. – СПб., 2006. - С. 307-308.
- 8 ГОСТ Р 22.6.02-95 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мобильные средства очистки поверхностных вод. Общие технические требования.
- 9 ГОСТ Р 51871-02 Устройства водоочистные. Общие требования к эффективности и методы ее определения.
- 10 ГОСТ РВ 50885-96 Средства очистки и опреснения воды мобильные. Методы испытаний.
- 11 Медведева И.Б., Ровный СИ., Мясоедова Г.В., Молочникова Н.П. Радиохимия, 2001, т. 43, № 4, с. 359-362.
- 12 Beauvais R.A., Alexandratos S.D. React. Funct. Polym., 1998, v. 36. p. 113-123.
- 13 Koulouris G., Slavikowski B., Pilvio R. e. a. Appl. Radiat. Isot., 2000. v. 53. p. 279-287.
- 14 Rao T.P., Metilda P., Gladis J.M. Talanta, 2006, v. 68, p. 1047-1064.
- 15 Sebesta F., John J., Mots A. e. a. J. Radioanal. Nucl. Chem., 1997. v. 220, № 1, p. 65-67.
- 16 Barton C.,S., Stewart D.I., Morris K., Bryant D.E. J. Hazard. Materials, 2004, v. 116,

№ 3, p. 191-204.

17 Фирсин Н.Г. и др. Новые углеродные материалы для захоронения РАО. VII Межд. конф. по рению и технецию. М., 2011 г.

18 Гелис В.М., Чувелева Э.А., Маслова Г.Б. и др. В сб.: Современные проблемы физической химии. М.: Граница, 2005. с. 633-650.

19 Мясоедова Г.В., Саввин С.Б. Хелатообразующие сорбенты. М.: Наука, 1983, 171 с.

20 Myasoedova G.V., Savvin S.B. Crit. Rev. Anal. Chem., 1986, v. 17, № 1, p. 1-63.

21 Nogami M., Kim S.-Y., Asanuma N., Ikeda Y. J. Alloys Comp., 2004, v. 374, p. 269-271.

22 Мясоедова Г.В. Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2005, т. 49, № 2, с. 72-75.

23 Badawy S.M., Sokker H., Othman S.H., Hashem A. Radiat. Phys. and Chem., 2005, v. 73, p. 125-130.

24 Мясоедова Г.В., Никашина В.А., Молочникова Н.П., Лилеева Л.В. Ж. аналит. химии, 2000, т. 55, № 6, с. 611—615.

25 Zhang A., Asakura T., Uchiyama G. React. Funct. Polym., 2003, v. 57, № 1, p. 67-76.

26 Pekel N., Sahiner N., Akkas P., Guver O. Polym. Bull., 2000, v. 44, p. 593-500.

27 Мясоедова Г.В., Молочникова Н.П., Лилеева Л.В., Мясоедов Б.Ф. Радиохимия, 1999, т. 41, № 5, с. 456—458.

28 Бетенеков Н.Д., Мысливец Т.С., Шарыгин Л.М. Тр. 2-ой Уральской конф., Екатеринбург, 2004, с. 179—184.

29 Бетенеков Н.Д., Воронина А.В., Чопко Н.Н., Ноговицина Е.В., Недобух Т.А., Шарыгин Л.М. Тр. 2-ой Уральской конф., Екатеринбург, 2004, с. 174-178.

30 Ершов Б.Г., Селиверстов А.Ф. Тез. конф. «Разделение и концентрирование в аналитической и радиохимии», Краснодар. 2005, с. 346-347.

31 Селиверстов А.Ф., Тананаев И.Г., Ершов Б.Г. Тез. 4-й Рос. конф. «Радиохимия-2003», Озерск, 2003, с. 226.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

ПРОЕКТ

_____ гриф

Экз. № __

УТВЕРЖДАЮ

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор ООО

«Холдинг «Золотая Формула»

_____ М.А.Сидоров

« _____ » « _____ » 2011г.

« _____ » « _____ » 2011г.

**ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
НА ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКУЮ РАБОТУ**

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ВОЙСКОВЫХ СРЕДСТВ ОЧИСТКИ И
ОПРЕСНЕНИЯ ВОДЫ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ В ИХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМАХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРБЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ И ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ НАНОСОРБЕНТОВ**

1 НАИМЕНОВАНИЕ, ШИФР ОКР, ОСНОВАНИЕ, ИСПОЛНИТЕЛЬ И СРОКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОКР

1.1. Наименование - Тактико-техническое задание на опытно-конструкторскую работу «Модернизации войсковых средств очистки и опреснения воды путем применения в их технологических схемах перспективных сорбционных материалов и элементов на основе наносорбентов», проект.

1.2. Шифр ОКР – «Плавник-Н».

1.3. Основание – проект «Тактико-технического задания на опытно-конструкторскую работу в промышленности по модернизации войсковых средств очистки и опреснения воды путем применения в их технологических схемах перспективных сорбционных материалов и элементов на основе наносорбентов» разработан в соответствии п. 4.3. тактико-технического задания № 657-10-09 на научно-исследовательскую работу «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)». Работа выполнена по Государственному контракту № 92-08 от 30 ноября 2009 г.

1.4. Исполнитель – ООО «Холдинг «Золотая формула».

1.5. Сроки выполнения ОКР

- начало _____;

- окончание _____.

2 ЦЕЛЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ОКР, НАИМЕНОВАНИЕ И ИНДЕКС ИЗДЕЛИЯ

2.1. Целью выполнения ОКР является:

Исследование эффективности применения перспективных

сорбционных материалов, а также фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС) в технологических схемах войсковых средств очистки воды.

2.2. Наименование изделия – комплексный сорбционный материал с наносорбентом.

2.3. Индекс изделия – КСМН.

2.4. Комплексный сорбционный материал с наносорбентом (далее – КСМН) предназначен для применения в войсковых средствах очистки воды типа НФ-10 и НФ-50, СКО-10. Разработка изделия ведется с учетом научно-технических результатов НИР «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)» и дополнительных экспериментальных результатов исследований сорбента УСВРС, изложенных в материалах:

- Отчет о НИР «Дополнительные материалы экспериментальных исследований по составной части этапа 3 НИР «Плавник-Н» «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС) в части радиологических загрязнений», ФГУП НПО «Радиовый институт им. В.Г.Хлопина», инв. № 3578 – И ДСП;

- «Акт экспериментальных исследований сорбционной активности УСВРС в отношении загрязнителей химической природы», ФБУ 33 ЦНИИИ Минобороны России, исх. № 24/0360 от 18.10.2011.

3 ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ИЗДЕЛИЮ

3.1 Состав изделия:

- КСМН должен включать несколько видов селективных сорбентов и ионообменных материалов, каждый из которых обеспечивает очистку воды до предельно допустимых концентраций для одного из указанных типов загрязнений: химические вещества, радиоактивные вещества (по ГОСТ РВ 9999-002-2009), бактериальные средства и отравляющие вещества (ОВ).

Предлагаемые к применению в составе КСМН сорбенты должны производиться в промышленном или опытно-промышленном масштабе в нашей стране и при их производстве не должны использоваться дефицитные, дорогостоящие или импортные материалы.

С учетом фактического наличия действующих в настоящее время производств и освоенных технологий в качестве указанных сорбентов – компонентов КСМН - должны быть выбраны следующие материалы:

БАУ-МФ или его аналог УАИ-3и производства ЗАО «Техносорб», г. Пермь по ТУ 2162-002-52273871-2002;

МОС-ВСК (или его аналог) производства ОАО «ЭНПО «Неорганика», г. Электросталь по ТУ 7837-371-04838763-2010;

УСВРС (или его аналог) производства ООО «Холдинг «Золотая Формула», Санкт-Петербург по ТУ 2166-002-96144318-2010;

Высокоселективные неорганические гидроксидные сорбенты из класса «Термоксидов» (конкретная марка должна быть определена на этапе разработки эскизного (технического) проекта).

УСВРС в составе разрабатываемого комплексного сорбента КСМН должен обеспечить:

- эффективность при очистке от загрязнителей, характерных для всех поверхностных водных источников. Это загрязнители, регламентируемые по таким параметрам, как запах, вкус и привкус, цветность, мутность, железо, алюминий, хлор, нефтепродукты;

- эффективность при очистке от микробиологических загрязнителей;

- бактериостатическое действие.

МОС-ВСК в составе КСМН должен обеспечить эффективность при очистке от ОВ и сильно действующих ядовитых веществ (СДЯВ).

Неорганический гидроксидный сорбент из класса «Термоксидов» должен обеспечить очистку от радиоактивных веществ (РВ).

Данное изделие создается в качестве базового с модификациями, учитывающими условия функционирования:

- в качестве сорбционного блока доочистки (СКО-10);
- в качестве сорбционного фильтра очистки (НФ-10, НФ-50).

Окончательно состав изделия должен быть определен на этапе разработки эскизного (технического) проекта.

3.2 Требования назначения

3.2.1 Тактические характеристики (параметры), обеспечивающие выполнение изделием своих функций. КСМН должен обеспечить получение очищенной воды, отвечающей «Требованиям к качеству исходной и очищенной воды по микробиологическим, токсикологическим и органолептическим показателям для средств очистки и опреснения воды», а именно:

№	Наименование показателя качества воды	Значение показателей качества воды очищенной средствами		
		Исходной*	Индивидуальными	Групповыми
1 Микробиологические				
1	Термолаерантные колиформные бактерии, число бактерий в 100 мл	10^6	Отсутствие	Отсутствие
2	Общие колиформные бактерии, число бактерий в 100 мл	10^6	Отсутствие	Отсутствие
3	Общее микробное число, КОЕ/см ³	10^6	Не более 100	Не более 50
4	Число бактерий группы кишечных палочек в 1 дм ³ воды (коли-индекс), м.л./дм ³	10^6	Не более 3	Не более 3
5	Колифаги, БОЕ/100 мл	10^5	Отсутствие	Отсутствие
	Биологические средства			

6	массового поражения (БС): - образующие и не образующие споры, м.т./дм ³	10 ⁶	Отсутствие в 1 дм ³	Отсутствие в 1 дм ³
	- вирусы, БОЕ/дм ³	10 ⁵	Отсутствие в 1 дм ³	Отсутствие в 1 дм ³
	- токсины, DL ₅₀ /дм ³	10 ⁴	Отсутствие в 1 дм ³	Отсутствие в 1 дм ³
2 Органолептические				
1	Запах, баллы	5	Не более 3	Не более 2
2	Вкус и привкус при 20°C	5	Не более 3	Не более 2
3	Цветность, градусы	200	Не более 35	Не более 35
4	Мутность по стандартной шкале, мг/дм ³	200	2	1,5
5	Железо (Fe) мг/дм ³	30	1	1
6	Медь (Cu ²⁺) мг/дм ³	25	1	1
7	Цинк (Zn ²⁺) мг/дм ³	120	Не более 15	Не более 5,0
8	Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/дм ³	6000	Не более 1000	Не более 500
9	Хлориды (Cl ⁻), мг/дм ³	10000	Не более 1500	Не более 350
10	Марганец (Mn), мг/дм ³	10	Не более 0,5	Не более 0,5
11	Полифосфаты (PO ₄), мг/дм ³	20	Не более 3,5	Не более 3,5
12	Хлор остаточный свободный, мг/дм ³	100	Не более 0,5	0,3-1,5
13	Хлор остаточный связанный, мг/дм ³	100	Не более 1,2	0,8-1,2
3 Обобщенные				
1	Водородный показатель, pH	5,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0
2	Общая минерализация, мг/л	20000	Не более 1500	Не более 1000
3	Жесткость общая, мг-экв/дм ³	80	Не более 10,0	Не более 7,0
4	Окисляемость перманганатная, мг/л	15	Не более 5,0	Не более 5,0
5	Нефтепродукты, суммарно, мг/л	25	Не более 0,1	Не более 0,1
	Поверхностно-активные	5	Не более	Не более

6	вещества, анионактивные (сульфанола), мг/л		0,05	0,05
4 Токсикологические				
1	Аммиак, мг/дм ³	20	Не более 2,0	Не более 2,0
2	Алюминий, в т.ч. остаточный (Al), мг/дм ³	50	Не более 0,5	Не более 0,5
3	Бериллий (Be), мг/дм ³	0,001	Не более 0,0002	Не более 0,0002
4	Бор (B), мг/дм ³	0,7	Не более 0,5	Не более 0,5
5	Гидразин, мг/дм ³	1,0	Не более 0,01	Не более 0,01
6	Дихлорэтан, мг/дм ³	2,0	-	Не более 0,02
7	Молибден (Mo), мг/дм ³	1,5	Не более 0,25	Не более 0,25
8	Мышьяк (As), мг/дм ³	0,4	Не более 0,05	Не более 0,01
9	Нитраты (NO ₃), мг/дм ³	400,0	Не более 45,0	Не более 45,0
10	Свинец (Pb), мг/дм ³	0,4	Не более 0,03	Не более 0,01
11	Селен (Se), мг/дм ³	0,03	Не более 0,01	Не более 0,01
12	Стронций (Sr), мг/дм ³	50	Не более 7,0	Не более 7,0
13	Фториды (F), мг/дм ³	12,0	Не более 2,5	Не более 1,5
14	Полиакриламид, мг/дм ³	10,0	Не более 2,0	Не более 2,0
15	Формальдегид, мг/дм ³	10,0	Не более 0,05	Не более 0,05
16	Фенол, мг/дм ³	0,1	Не более 0,001	Не более 0,001
17	Цианиды, мг/дм ³	10	Не более 0,035	Не более 0,035
5 Отравляющие вещества (ОВ)				
1	Вещества типа V _x , мг/дм ³	1,0-1,5	по ГОСТ РВ 9999-02-2009	
2	Зоман, мг/дм ³	1,0-1,5	Тоже	
3	Зарин, мг/дм ³	1,0-1,5	Тоже	
4	Иприт сернистый, мг/дм ³	1,0-1,5	Тоже	
5	Вещества типа ВZ, мг/дм ³	1,0-1,5	Тоже	
6	Вещества типа CR, мг/дм ³	1,0-1,5	Тоже	
6 Радиологические				
1	Продукты ядерного взрыва, (удельная активность), Бк/дм ³	1,58×10 ⁶	по ГОСТ РВ 9999-02-2009	
2	Мощность экспозиционной дозы гамма-излучения, мР/ч**	3,0	Тоже	

*Характеристики исходной воды при использовании КСМН в составе

СКО-10 и ПВУ-300 уточняются на стадии эскизного (технического) проекта;

**Величина показателя уточняется на стадии эскизного (технического) проекта

3.2.2. Технические характеристики (параметры) изделия, обеспечивающие выполнение возложенных на него задач.

3.2.2.1. Сорбент должен обеспечивать очистку воды до предельно допустимых концентраций от бактериальных средств, радиоактивных, отравляющих и сильнодействующих ядовитых веществ;

3.2.2.2. Ресурс работы индивидуального фильтра НФ-10 на одном комплекте фильтрующе-сорбирующих элементов, выполненных на основе КСМН, должен составлять не менее 25 л. Ресурс работы носимого фильтра НФ-50 на одном комплекте фильтрующе-сорбирующих элементов, выполненных на основе КСМН, должен составлять не менее 1000 л. Ресурс работы сорбционного блока переносной водоочистой установки ПВУ-300 при использовании КСМН должен составлять не менее 50 000 л. Ресурс работы КСМН в составе фильтрующих элементов станции комплексной очистки воды СКО-10 должен составлять не менее 2 000 м³;

3.2.2.3. Насыпной удельный вес сорбента КСМН не должен превышать 0,4 г/см³;

3.2.2.4. Потеря гидравлического напора на адсорбционном фильтре высотой 1 м и площадью 0,32 м² при скорости фильтрования 10 м/ч должна составлять не более 1 кгс/см²;

3.2.2.5. Активные добавки, вводимые в сорбент, не должны удаляться в процессе очистки воды, регенерации и хранения;

3.2.2.6. Защитные свойства сорбента должны сохраняться при следующих изменениях физико-технических показателей воды: общая жесткость – 7-80 мг экв/л., рН среды – 2-10, активный хлор – 30-100 мг/л.;

3.2.2.7. Очищенная вода должна отвечать «Требованиям к качеству исходной и очищенной воды по микробиологическим, токсикологическим и

органолептическим показателям для средств очистки и опреснения воды»;

3.2.2.8. Гарантийный срок хранения сорбента должен быть не менее 10 лет в интервале температур от -50 до +50 °С и относительной влажности до 100 %;

3.2.2.9. Сорбент должен быть пожаро- и взрывобезопасен в условиях хранения и эксплуатации;

3.2.2.10. Сорбент должен быть транспортабелен авиационным, железнодорожным, автомобильным и водным транспортом, а также должен сохранять защитные свойства в условиях грузового десантирования.

3.2.3 Количество опытных образцов.

Количество опытных образцов КСМН (кг, упаковок, загрузок) для проведения ПИ и ГИ определяется на этапе РКД, согласовывается с Заказчиком.

3.2.4 Количество действующих моделей.

На этапе технического проекта головной исполнитель должен осуществить снаряжение фильтрующее - сорбционных элементов носимых фильтров НФ-10 и НФ-50, с проверкой их функционирования в полевых условиях.

3.2.5 Инструкции по правилам использования КСМН.

На этапе технического проекта головной исполнитель должен разработать проект инструкции по правилам использования КСМН в составе станций ПВУ-300 и СКО-10.

3.3. Требования живучести и стойкости к внешним воздействиям

3.3.1 КСМН должен быть безопасным и сохранять работоспособность после внешних механических воздействий:

- ударных при транспортировании в упаковке автомобильным транспортом на расстояние не менее 1000 км по дорогам с асфальтовым и булыжным покрытием, а также по грунтовым дорогам и бездорожью;

- ударных многократного действия с пиковым ударным ускорением в

пределах 1000 – 1500 м/с² (100 – 150 g) и числом ударов 1200 (в упаковке);

- ударных при случайном падении в упаковке с высоты 1,5 м на деревянное торцевое основание;

- ударных при сбрасывании в парашютно-десантной таре ПГС-500 на грунт II категории со скоростью 15 м/с;

- синусоидальной вибрации в упаковке в диапазоне частот от 20 до 80 Гц с максимальным ускорением 30 м/с² и амплитудой перемещения от 0,3 до 1 мм;

- ударных при многократном падении без упаковки с высоты 0,75 м на стальное основание толщиной 60 мм.

3.3.2 КСМН должен сохранять работоспособность в процессе, и после воздействия следующих климатических факторов, в т.ч. при:

- температуре окружающей среды от минус 40 °С до 50 °С;

- атмосферных осадках в виде выпадаемых (дождь, снег), конденсированных (роса, иней) и соляных (морской туман);

- повышенной влажности с относительной влажностью 95-98 % при температуре 40 °С;

- понижении атмосферного давления до 22665 Па (170 мм рт.ст.).

3.3.3 КСМН при хранении, транспортировке и эксплуатации должен быть стойким к воздействию:

- экспоненциальной дозы гамма-излучения 10³ Р;

- нейтронного излучения с интегральным потоком нейтронов - 10¹² нейтр./см² и энергией ≥ 0,1 МэВ;

- ионизирующих излучений и ЭМИ ядерного взрыва.

3.3.4. КСМН в составе фильтров и сорбционных блоков, а также при хранении и транспортировке не должен терять работоспособность при воздействии:

- СВЧ импульсных электромагнитных полей частотой 300...30000 МГц с плотностью потока мощности до 1 кВт/м²;

- электромагнитных полей, создаваемых высоковольтными линиями

электропередач;

- полей радиопередающих станций в диапазоне частот 3...300 МГц с напряженностью электрического поля не менее 10 кВ/м.

3.4 Требования надежности

3.4.1 Гарантийный срок хранения КСМН в транспортной упаковке должен быть не менее 10 лет, в том числе, не менее 6 мес под навесами и на открытых площадках при укрытии брезентом.

3.4.2. Срок гарантии на КСМН в составе сорбционного блока переносной водоочистной установки ПВУ-300 и станции комплексной очистки воды СКО-10 не менее 12 мес с момента начала эксплуатации. Срок гарантии на КСМН в составе носимых фильтров НФ-10 и НФ-50 – не менее 1 мес с момента начала эксплуатации.

3.4.3. Надежность обеспечения качества очищенной воды в соответствии с требованиями п.3.2.1. должна составлять не менее 0,95 при доверительной вероятности 0,8 в пределах изменения качества исходной воды, обозначенной в п. 3.2.1.

3.4.4. Ресурс работы индивидуального фильтра НФ-10 на одном комплекте фильтрующе-сорбирующих элементов, выполненных на основе КСМН, должен составлять не менее 25 л; Ресурс работы носимого фильтра НФ-50 на одном комплекте фильтрующе-сорбирующих элементов, выполненных на основе КСМН, должен составлять не менее 1000 л; Ресурс работы сорбционного блока переносной водоочистной установки ПВУ-300 при использовании КСМН должен составлять не менее 50 000 л;

Ресурс работы КСМН в составе фильтрующих элементов станции комплексной очистки воды СКО-10 должен составлять не менее 2 000 м³.

3.4.5. На этапе технического проектирования КСМН должна быть разработана программа обеспечения надежности и методы оценки (контроля) соответствия изделия заданным требованиям надежности на различных этапах жизненного цикла.

3.5. Требования эргономики, обитаемости и технической эстетики

3.5.1. Способ упаковки КСМН, предназначенного для смены сорбционной загрузки в сорбционных блоках переносной водоочистной установки ПВУ-300 и станции комплексной очистки воды СКО-10, должен обеспечивать удобство в обращении, в том числе, личным составом в зимнем обмундировании и защитных костюмах, а также в ночных условиях.

3.6. Требования к эксплуатации, хранению, удобству технического обслуживания и ремонта

3.6.1. В процессе эксплуатации КСМН должен сохранять работоспособность в течение заданного срока хранения в неотапливаемых помещениях.

3.6.2. На стадии технического проекта требуется разработать рекомендации по определению качественного состояния КСМН при хранении в нестандартных условиях: затопление, пожар, воздействия горюче-смазочных материалов.

3.6.3. Приемы применения КСМН в составе сорбционных блоков должны обеспечивать удобство действий личного состава при обслуживании переносной водоочистной установки ПВУ-300 и станции комплексной очистки воды СКО-10.

3.6.4. КСМН в процессе хранения не должен требовать проведения технического обслуживания, а перед применением - проверки работоспособности (кроме визуального осмотра).

3.6.5. КСМН должен допускать переноску личным составом в штатной таре с сохранением его работоспособности и обеспечением безопасности.

3.7. Требования транспортабельности

3.7.1. КСМН в упаковке, КСМН в составе фильтров (НФ-10 и НФ-50) и в составе сорбционных блоков станций (СКО-10 и ПВУ-300) должен допускать транспортирование всеми видами транспорта с установленными

скоростями и на любые расстояния. Вес упаковки с сорбентом - не более 25 кг.

3.8 Требования безопасности

3.8.1. Сорбент КСМН должен быть взрывобезопасен и не оказывать вредного воздействия на человека. Класс токсичности – 5 (практически не токсичны).

3.8.2. Тление КСМН должно начинаться при температуре не ниже 300 °С, пламенное горение – при температуре не ниже 600 °С.

3.8.3. Контроль за содержанием сорбента КСМН в воздухе рабочей зоны проводить по предельно допустимой концентрации древесной пыли 6 мг/м³.

3.8.4. В условиях промышленного производства носимых фильтров (снаряжение сорбентом) воздух, содержащий сорбент в виде пыли или аэрозоля, перед выбросом в атмосферу должен подвергаться сухой или мокрой очистке до установленных норм предельно-допустимых выбросов.

3.8.5. Порядок и способы взаимодействия с сопрягаемыми объектами. В составе фильтров НФ-10 и НФ-50 КСМН обеспечивает функции фильтрования, обезвреживания, обеззараживания и дезактивации до уровней, согласно п. 3.2.1. В составе станции ПВУ-300 и СКО-10 КСМН в составе сорбционного блока обеспечивает выполнение функций очистки от ОВ, РВ, БС, а также обеспечивает бактериостатическое действие.

3.9 Требования технологичности

3.9.1 Сорбент КСМН должен изготавливаться из материалов отечественного производства и допускать серийное производство. Разработка и производство КСМН должно осуществляться на основе прогрессивных и типовых технологических процессов с использованием стандартного и унифицированного оборудования, оснастки и инструмента, а также с применением типовых средств и методов испытаний. При необходимости

разрабатывается и изготавливается нестандартная оснастка и приспособления, номенклатура и количество которых согласовывается с Заказчиком.

3.9.2 Операции снаряжения сорбционных блоков СКО-10 и ПВУ-300 сорбентом КСМН должны быть рассчитаны на выполнение в полевых условиях и не должны требовать специального оборудования.

3.10 Требования защиты от ИТР. Требования по обеспечению защиты от ИТР не предъявляются.

3.11 Требования стандартизации, унификации и каталогизации.

3.11.1 Конструкция КСМН должна позволять дальнейшую его модернизацию.

3.11.2 Конструкторская документация должна соответствовать требованиям государственных стандартов системы ЕСКД.

3.11.3 Выполнение требований по стандартизации и унификации и контроль за их выполнением осуществляется в соответствии с ГОСТ В 15.207 и ОТТ 1.2.5.

3.11.4 На особый период должна быть разработана документация в соответствии с требованиями ГОСТ В 2.905.

3.11.5 Каталогизацию КСМН осуществляют в соответствии с порядком и правилами, установленными в ГОСТ Р 51725.1, ГОСТ РВ 51725.7, ГОСТ РВ 15.203.

3.11.6 На этапе разработки эскизного (технического) проекта должны разрабатываться предварительные перечни каталогизированных предметов снабжения (ПС), планируемых к применению в КСМН.

3.11.7 На этапах изготовления опытного образца (опытной партии) и проведения предварительных испытаний КСМН должны быть сформированы и представлены государственному заказчику (центру каталогизации государственного заказчика) стандартные форматы описания (в случае необходимости их разработки) по ГОСТ РВ 0044-006, ГОСТ Р 51725.4, а также каталожные описания новых предметов снабжения в соответствии с ГОСТ РВ 0044-007 и Р 50.5.003 для включения их в Федеральный каталог продукции для федеральных государственных нужд.

3.11.8 Конструкторская документация должна быть представлена в бумажном и электронном виде в соответствии с ГОСТ 2.051-2006 <Единая

система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения>.

3.12. Конструктивные требования.

3.12.1 КСМН должен сочетаться со штатными средствами водоочистки.

3.13.4 Конструктивные требования уточняются (разрабатываются) на этапах Эскизного и Технического проекта с учетом ГОСТ РВ 20.39.309-98.

4 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

4.1. На этапе изготовления опытной партии сорбента КСМН для проведения предварительных и государственных испытаний должны быть представлены расчеты и обоснования технико-экономических показателей эффективности применения в составе штатных средств водоочистки с указанием предельных значений трудоемкости и стоимости.

4.2. На этапе технического проекта провести военно-экономический анализ разрабатываемого материала в сравнении с отечественными и зарубежными аналогами.

4.3. Начальная (максимальная) стоимость работы составляет _____ тыс. рублей, является максимальной и индексации не подлежит. В соответствии с конкурсом контрактная цена ОКР составляет _____ рублей (_____), является твердой и индексации не подлежит.

4.4. Опытная партия сорбента КСМН должна изготавливаться на серийном предприятии.

4.5. До начала этапа ПИ головной исполнитель ОКР должен представить Заказчику проект расчетно-стоимостных показателей серийной партии сорбента с учетом затрат на разработку технологической оснастки (разработанной в рамках ОКР), принимаемой Заказчиком, по цене дальнейшего использования.

5 ТРЕБОВАНИЯ К ВИДАМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ

5.1. Организация и проведение работ по метрологическому обеспечению разработки осуществляется в соответствии с требованиями ГОСТ РВ 1.1- 96, ГОСТ РВ 8.570-98, ГОСТ В 15.201-83, ГОСТ РВ 20.39.309-98 и ОТТ 1.1.7- 89.

5.2. Метрологическая экспертиза сорбента КСМН должна быть проведена на этапе ПИ и перед предъявлением документации МВК в соответствии с ГОСТ РВ 2.902-2005.

6 ТРЕБОВАНИЯ К СЫРЬЮ, МАТЕРИАЛАМ И КОМПЛЕКТУЮЩИМ ИЗДЕЛИЯМ МЕЖОТРАСЛЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ

6.1. При разработке сорбента должны применяться отечественные материалы;

6.2. Материалы и комплектующие изделия должны быть недефицитными и соответствовать требованиям стандартов и технических условий.

6.3. Применяемые покупные комплектующие изделия должны иметь ГСХ не менее чем у изделия в целом.

6.4. Применение комплектующих изделий в условиях и режимах, не оговоренных в стандартах и ТУ на эти изделия, допускается после согласования в соответствии с ГОСТ 2.124-85.

7 ТРЕБОВАНИЯ К КОНСЕРВАЦИИ, УПАКОВКЕ И МАРКИРОВКЕ

7.1. Упаковка сорбента КСМН должна обеспечивать его сохранность при транспортировании всеми видами транспорта на установленные расстояния и с установленными скоростями.

7.2. Сорбент упаковывают в полиэтиленовые мешки по ГОСТ 17811-78

или полиэтиленовые мешки-вкладыши, вложенные в бумажные мешки по ГОСТ 2226-88. Полиэтиленовые мешки заваривают, бумажные прошивают машинным способом.

7.3. Транспортная маркировка производится по ГОСТ 14192-96 с нанесением манипуляционного знака "Боится сырости".

Кроме того, на транспортную тару наносят следующие данные, характеризующие продукцию:

- наименование продукции;
- номер партии;
- дату изготовления;
- массу нетто;
- обозначение технических условий.

8 ТРЕБОВАНИЯ К УЧЕБНО-ТРЕНИРОВОЧНЫМ СРЕДСТВАМ

8.1. Для учебных целей должны быть использованы штатные средства водоподготовки.

9 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

9.1. Сорбент КСМН должен удовлетворять требованиям патентной чистоты (положениям постановления Правительства РФ от 29 сентября 1998 г. № 1132, от 2 сентября 1999 г. № 982, приказа Минпромнауки России от 17 июля 2003 г. № 173/178 , приказа Минюста России от 29 июля 2003 г. № 4933, Патентного закона Российской Федерации от 23 сентября 1992 г. №3517-1 с изменениями и дополнениями, внесенными Федеральным законом от 07 февраля 2003 г. № 22-ФЗ и Приказа Министра обороны Российской Федерации от 24 ноября 2004 г. № 375).

9.2. На стадии технического проекта требуется разработать методику оценки качественного состояния КСМН, на которые истек гарантийный срок

хранения.

9.3. Исполнитель должен разработать методику утилизации отработанного КСМН.

9.4. Производство сорбента должно быть безотходным. Сорбент, не выдержавший испытаний, утилизируется в технологическом цикле производства продукта. Отходы сорбента у потребителя подлежат обезвреживанию в соответствии с типовыми отраслевыми нормами.

10 ТРЕБОВАНИЯ ЗАЩИТЫ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ТАЙНЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОКР

10.1. При выполнении ОКР отчеты и акты, содержащие технологические регламенты производства и применения должны быть секретными.

10.2. Опытные образцы должны быть несекретными, конструкторская документация для серийного производства - несекретной.

10.3. Использование материалов, полученных при выполнении ОКР, для публикации в печати, информационных сборниках, размещении в INTERNET и т. п. запрещено.

10.4. Порядок обеспечения сохранения государственной тайны при выполнении работы должен в целом соответствовать требованиям «Инструкции по обеспечению государственной и военной тайны и режима секретности проводимых работ в учреждениях и на предприятиях промышленности» и требованиям ГОСТ В 15.103-84.

10.5. Степень секретности сведений, излагаемых в отчетных материалах, а также разрабатываемой документации, определяется разработчиком на основании «Перечня сведений, подлежащих засекречиванию в ВС РФ» (введенного приказом МО РФ 2006 г. № 046 или документом его заменяющим).

10.6. Допуск лиц к материалам ОКР, содержащим секретные сведения,

должен производиться по списку, утвержденному руководителем предприятия, согласованным с представительством Заказчика и утвержденным Генеральным Заказчиком. Список допущенных лиц к выполнению ОКР может изменяться и уточняться установленным порядком в процессе выполнения работы.

10.7. К сведениям, подлежащим скрытию, относится принцип действия и конструктивные особенности элементов неизвлекаемости и необезвреживаемости. Специальной инструкции по скрытию данных сведений не требуется.

10.8. Регистрационные и информационные карты на ОКР не составляются.

10.9. По завершению ОКР дальнейшее использование разработанных макетов, действующих образцов, в том числе и учебных, осуществляется по решению и порядком, предусмотренным Генеральным заказчиком.

11 ТРЕБОВАНИЯ К ПОРЯДКУ РАЗРАБОТКИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ НА ВОЕННОЕ ВРЕМЯ

11.1. Соответствуют требованиям ГОСТ 2.905-73 и п.12.6 настоящего ТТЗ.

12 ЭТАПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ОКР

12.1 Разработка должна производиться согласно ГОСТ В 15.203-2001 и предусматривать следующие этапы:

- разработка эскизного проекта;
- разработка технического проекта;
- разработка рабочей конструкторской документации для изготовления опытной партии сорбента;
- изготовление опытной партии сорбента и проведение ПИ;

- проведение ГИ опытного образца изделий;
- утверждение рабочей конструкторской документации для организации промышленного (серийного) производства сорбента.

12.2. ОКР и объем опытных партий устанавливаются договором и ведомостью исполнения.

12.3. С опытной партией для проведения ГИ предъявляются:

- комплект конструкторской рабочей и эксплуатационной документации литеры «О»;

- технологическая документация на сорбент;

- опытные образцы фильтров НФ-10 и НФ-50. Уточненный объем опытных партий для проведения предварительных определяется, согласно программе и методик испытаний, согласованных с Заказчиком, на этапе РКД.

12.4. При разработке программы ПИ должны быть разработаны и согласованы в соответствии с ГОСТ РВ 15.211-2002 с Заказчиком:

- методика испытаний сорбента в составе носимых фильтров и станций;
- методика испытаний сорбента при хранении и транспортировке .

12.5 Выполнение и приемка этапов ОКР должна производиться в соответствии с действующими ГОСТ, ОТТ и НМД, а также договором между Заказчиком и Исполнителем.

13 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ И ПРИЕМКИ ЭТАПОВ ОКР

13.1. Порядок выполнения и приемки этапов ОКР производится в соответствии с ГОСТ РВ 15.203-2001 и Государственным контрактом. Отдельные пункты настоящего ТТЗ могут уточняться в соответствии с ГОСТ РВ 15.201-2003.

13.2. Отдельные требования настоящего ТТЗ могут уточняться и изменяться согласно ГОСТ В 15.201-2001.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

ООО «ХОЛДИНГ «ЗОЛОТАЯ ФОРМУЛА»

Экз. № _____

УТВЕРЖДАЮ

**Генеральный директор ООО
«Холдинг «Золотая Формула»**

_____ **М.А. Сидоров**

«_____» «_____» 2011 г.

РЕКОМЕНДАЦИИ

по применению фильтрующих элементов на основе перспективных сорбционных материалов и наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)» в технологических схемах войсковых средств очистки и опреснения воды

Шифр "Плавник-Н"

Наименование этапа: «Этап 3. Экспериментальные исследования»

**Работа выполнена по Государственному контракту
№ 92-08 от 30 ноября 2009 г.**

Руководитель НИР:

_____ **В.И. Петрик**

«_____» «_____» 2011 г.

Общие положения

Рекомендации разработаны в соответствии с ТТЗ № 657-10-09 на НИР «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)» (шифр «Плавник-Н»). Основанием для выработки рекомендаций являются результаты анализ научно-технической и патентной литературы по применению сорбционных материалов для очистки воды в полевых условиях и данные экспериментальных исследований углеродного наносорбента на основе углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС), перспективного сорбента МОС-ВСК, а также сорбентов, состоящих на снабжении войск: КФГ-М, БАУ-МФ (УАИ-3).

В ходе исследований изучена сорбционная активность указанных сорбентов по широкому спектру загрязнений (химической, физической и биологической природы – 55 типов загрязнителей) по программе исследований, позволяющей использовать полученные результаты для прогнозирования работы сорбентов в составе войсковых средств очистки воды. Для учета эффекта масштабного перехода от экспериментальных фильтрующих элементов высотой до 0,15 м к штатным сорбционным блокам высотой до 1 м (станция СКО-10) исследованы гидродинамические характеристики и сорбционная эффективность (по ограниченному кругу загрязнителей) сорбента УСВРС на экспериментальном стенде, разработанном и изготовленном на этапе 2 данной НИР.

Результаты экспериментальных исследований содержатся в следующих материалах:

- отчет промежуточный по 3 этапу научно-исследовательской работы «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)», ООО «Холдинг «Золотая Формула», СПб, 211 с, инв. № Пл 2011-07/3, 2011 г.;

- отчет по научно-исследовательской работе «Военно-научное сопровождение НИР «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой

реакционной способности (УСВРС)». НИИЦ (МБЗ) ФГУ «ГосНИИИ ВМ МО РФ»;
исх. № 44 ДСП от 26.07.2011 г.;

- «Акт исследований динамической активности сорбционных материалов УСВРС, УАИ-3, МОС-ВСК и КФГ-М по отношению к веществам - зоман, зарин, и иприт» ФБУ 33 ЦНИИИ МО РФ, инв. № 717 , исх. № 24/0299 от 07.09.2011;

- «Акт экспериментальных исследований сорбционной активности УСВРС в отношении загрязнителей химической природы» 33 ЦНИИИ МО РФ, исх. № 24/0360 от 18.10.2011;

- отчет по составной части этапа 3 НИР «Плавник-Н» «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС) в части радиологических загрязнений», ФГУП «НПО «Радиевый институт им. В.Г.Хлопина», инв. № 3571 - И ДСП, исх. № 217/40-1/1756 от 29.07.2011;

- отчет «Дополнительные материалы экспериментальных исследований» по составной части третьего этапа научно – исследовательской работы «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)» в части радиологических загрязнений», ФГУП «НПО «Радиевый институт им. В.Г.Хлопина», инв. № 3588 – И ДСП.

1 Основания для выработки рекомендаций

До 1990 гг. на снабжении ВС СССР состояли водоочистительные установки и станции - ТУФ-200, ВФС-2,5, ВФС-10, МАФС-3 и опреснительные - ПОУ-4 и ОПС. Средства были созданы еще в 1950 гг. Некоторые из этих средств находятся на снабжении ВС РФ и по настоящее время. Очистка воды в указанных средствах основана на применении традиционной реагентной технологии. Отстой воды и выдержка ее под «хлором» осуществляется в выносных резиноканевых резервуарах. В качестве коагулянта в них используется сернокислый алюминий, а хлорирование осуществляется водным раствором активного хлора, полученного путем растворения нейтральный гипохлорит кальция (НГК) или дветретиосновная соль гипохлорита кальция (ДТС ГК) или хлорной извести. Для комплексной обработки воды (осветление и дезинфекция путем

фильтрации и хлорирования) в количестве 200-300 л/ч применяют тканево-угольный фильтр ТУФ-200. Для дезинфекции воды в отстойник фильтра добавляют 60 мл 5 % раствора хлора и после необходимой экспозиции воду подают на фильтр, заполненный активированным углем, где вода дополнительно подвергается механической очистке и одновременно дехлорируется. Инженерными войсками также используется переносной фильтр ПФ-200. Технологическая схема обработки воды соответствует таковой у ТУФ-200. Сорбционная очистка в указанных выше средствах осуществляется с использованием сорбционных фильтров на основе БАУ-МФ или КФГ-М. Совершенствование сорбционных фильтров в данных средствах должно, при необходимости, осуществляться путем применения новых сорбентов с более высокой адсорбционной активностью и емкостью в отношении свободного и связанного хлора и с высокой селективностью по отношению к радиоактивным веществам (РВ), рассматриваемым как продукты ядерного взрыва: радионуклидам цезия, стронция, европия, кобальта, йода и урана.

В настоящее время приняты на снабжение ВС РФ средства полевого водообеспечения, работающие на безреагентной технологии, такие как станции СКО-10, СКО-10/5 и переносная установка ПВУ-300. В качестве основных технологических стадий используется ультрафильтрация, стерилизующая микрофильтрация, адсорбция на активных углях, ультрафиолетовое облучение и обратный осмос (при опреснении). Установки очищают воду от механических частиц, взвесей, коллоидных соединений, трехвалентного железа, обезвреживает от антропогенных веществ и сильно действующих ядовитых веществ (СДЯВ) органического происхождения, включая боевые отравляющие вещества (ОВ), дезактивирует от радионуклидов, включая продукты ядерного взрыва (РВ), обеззараживает от бактерий и вирусов, включая патогенные и бактериальные средства массового поражения (БС). Очищенная вода должна соответствовать требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». Ресурс работы станции ограничен ресурсом работы сорбционных фильтрующих элементов и составляет при очистке от ОВ, РВ и СДЯВ - 100 ч.

В 1990 гг. были приняты на снабжение войск носимые фильтры НФ-10, НФ-30, НФ-45, НФ-50. Ресурс работы этих фильтров также определяется ресурсом работы сорбционных фильтрующих элементов (могут быть сменными) и составляет, например, при очистке воды от ОВ, СДЯВ и РВ для НФ-10 – 10 л и для НФ-50 – 500 л.

Из представленных выше данных следует, что и в современных войсковых средствах очистки воды в качестве обязательной технологической стадии используется адсорбция на активных углях. Основное назначение адсорбции - очистка воды от

низкомолекулярных органических соединений, в том числе обезвреживание от ОВ и СДЯВ и дезактивация от РВ, а также улучшение органолептических показателей качества воды. В качестве сорбентов применяется, как правило, уголь БАУ-МФ, который не позволяет очищать воду от ОВ в достаточной степени. Он также не эффективен в отношении РВ и большинства СДЯВ. Для проведения очистки воды от ОВ используют сорбент КФГ-М, динамическая активность которого в отношении ФОВ недостаточна для работы войсковых средств очистки воды. КФГ-М, как и БАУ-МФ, не обеспечивает, в том числе, и адсорбцию РВ.

Поэтому сорбент, способный существенно повысить тактико-технические данные войсковых средств очистки воды, должен обладать более высокой в сравнении с БАУ-МФ и КФГ-М динамической активностью по отношению к загрязнителям химической, физической и биологической природы. Сорбент при этом не должен оказывать негативного влияния на качество очищенной воды, исключать десорбцию поглощенных загрязнений при повторном использовании фильтров и обладать комплексом физико-механических свойств, предъявляемым к материалам, предназначенным для применения в составе войсковых средств очистки воды. С экономической точки зрения производство сорбента должно быть промышленно освоено и не ориентировано на дефицитные, дорогостоящие или импортные материалы.

В связи с этим изыскание новых сорбентов и изучение их свойств, позволяющих повысить возможности водоочистных средств по специальной очистке воды, является актуальной научной задачей, имеющей важное военно-прикладное значение. В качестве подобных перспективных сорбентов в данной работе были изучены сорбент МОС-ВСК и углеродный наносорбент УСВРС:

- углеродный наносорбент на основе углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС, УСВРС). Производитель – ООО «Холдинг «Золотая Формула», Санкт-Петербург;
- перспективный в отношении загрязнений химической, биологической и радиологической природы сорбент МОС-ВСК. Производитель - ОАО «ЭНПО «Неорганика», г. Электросталь.

Экспериментальные данные об эффективности указанных сорбентов в сравнении со штатными сорбентами – БАУ-МФ (УАИ-3) и КФГ-М представлены ниже в таблице 1. Критерием эффективности выбрана степень соответствия сорбента при очистке им воды до уровня, обозначенного в ТТЗ на работу, и при ресурсе работы – 100 ч.

Таблица 1 - Сравнительная эффективность сорбентов

п/п	Наименование показателя качества воды	Значение показателей качества воды согласно ТТЗ			Соответствие степени очистки воды уровню, заявленному в ТТЗ			
		Исх.	Очищенной средствами		МОС-ВСК	КФГ-М	УАИ-3	УСВРС
			Индивидуальными	Групповыми				
1	Водородный показатель, рН	5,0-9,0	6,0-9,0	6,0-9,0	Соответствует	Соответствует	Соответствует	Соответствует
2	Общая минерализация, мг/л	20000	Не более 1500	Не более 1000	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует
3	Жесткость общая, мг-экв/дм ³	80	Не более 10,0	Не более 7,0	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует
4	Окисляемость перманганатная, мг/л	15	Не более 5,0	Не более 5,0	Не полностью соответствует (до 14 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 21 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 22 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 34 ч эксплуатации)

5	Нефтепродукты, суммарно, мг/л	25	Не более 0,1	Не более 0,1	Не соответствует	Не полностью соответствует (до 12 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 22 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 34 ч эксплуатации)
6	ПАВ, анионо-активные (сульфанола), мг/л	5	Не более 0,05	Не более 0,05	Не полностью соответствует (до 15 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 14 ч эксплуатации)	Не соответствует	Не полностью соответствует (до 18 ч эксплуатации)
7	Запах, баллы	5	Не более 3	Не более 2	Не полностью соответствует (до 4 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 4 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 13 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 47 ч эксплуатации)
8	Цветность, градусы	200	Не более 35	Не более 35	Не полностью соответствует (до 19 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 5 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 14 ч эксплуатации)	Соответствует
9	Мутность по стандартной шкале, мг/дм ³	200	2	1,5	Не полностью соответствует (до 4 ч)	Не полностью соответствует (до 4 ч)	Не полностью соответствует (до 13 ч)	Не полностью соответствует (до 47 ч)

					эксплуатации)	эксплуатации)	эксплуатации)	эксплуатации)
10	Железо (Fe) мг/дм ³	30	1	1	Не полностью соответствует (до 51 эксплуатации)	Не соответствует	Не соответствует	Соответствует
11	Медь (Cu ²⁺) мг/дм ³	25	1	1	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует
12	Цинк (Zn ²⁺) мг/дм ³	120	Не более 15	Не более 5,0	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует
13	Сульфаты (SO ₄ ²⁻), мг/дм ³	6000	Не более 1000	Не более 500	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует
14	Хлориды (Cl ⁻), мг/дм ³	10000	Не более 1500	Не более 350	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует
15	Марганец (Mn), мг/дм ³	10	Не более 0,5	Не более 0,5	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует
16	Дихлорэтан, мг/дм ³	2,0	-	Менее 0,02	Не полностью соответствует (соответствует до 9 ч	Не полностью соответствует (соответствует до 7 ч	Не полностью соответствует (соответствует до 16 ч	Не полностью соответствует (соответствует до 26 ч

					эксплуатации)	эксплуатации)	эксплуатации)	эксплуатации)
17	Молибден (Mo), мг/дм ³	1,5	Менее 0,25	Менее 0,25	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует
18	Мышьяк (As), мг/дм ³	0,4	Менее 0,05	Менее 0,01	Не полностью соответствует (до 50 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 21 ч эксплуатации)	Не соответствует	Не полностью соответствует (до 18 ч эксплуатации)
19	Нитраты (NO ₃), мг/дм ³	400,0	Не более 45,0	Менее 45,0	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует
20	Свинец (Pb), мг/дм ³	0,4	Не более 0,03	Менее 0,01	Не полностью соответствует (до 7 ч эксплуатации)	Не соответствует	Не полностью соответствует (до 16 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 23 ч эксплуатации)
21	Селен (Se), мг/дм ³	0,03	Не более 0,01	Менее 0,01	Не полностью соответствует (до 39 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 14 ч эксплуатации)	Не соответствует	Не полностью соответствует (до 14 ч эксплуатации)
22	Стронций (Sr), мг/дм ³	50	Не более 7,0	Менее 7,0	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует
23	Фториды (F), мг/дм ³	12,0	Не более 2,5	Менее 1,5	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует	Не соответствует

24	Полиакриламид, мг/дм ³	10,0	Не более 2,0	Менее 2,0	Соответствует	Соответствует	Соответствует	Соответствует
25	Формальдегид, мг/дм ³	10,0	Не более 0,05	Менее 0,05	Не полностью соответствует (до 25 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 24 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 16 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 41 ч эксплуатации)
26	Фенол, мг/дм ³	0,1	Не более 0,001	Менее 0,001	Не полностью соответствует (до 10 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 11 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 13 ч эксплуатации)	Не полностью соответствует (до 11 ч эксплуатации)

Из данных таблицы 1 следует, что ни один из изученных сорбентов не обеспечивает выполнение требований ТТЗ по всему спектру загрязнений. При очистке воды от загрязнителей, регламентируемых по органолептическим показателям, и характерных практически для всех поверхностных водоемов: железо, вкус, запах, мутность и цветность сорбент УСВРС в большинстве случаев позволяет достичь лучших результатов.

Таблица 2 - Сравнительные характеристики сорбентов в отношении показателей, характерных для поверхностных водных источников: запаха, цветности, мутности, железа, алюминия

Тип загрязнения	Время защитного действия, T_3 , ч, при высоте слоя сорбента 1 м и скорости потока воды 10 м/час			
	МОС-ВСК	КФГ-М	УАИ-3	УСВРС
Запах	4	4	13	47
Цветность	19	5	14	Более 100
Мутность	4	4	13	47
Железо	51	Не эффективен	Не эффективен	Более 100
Алюминий	Менее 10	Менее 10	Менее 10	Более 100

По показателям сорбционной активности в случае железа, алюминия, вкуса, запаха, мутности и цветности он превосходит другие исследованные сорбенты многократно (от двух и более раз). В станциях типа СКО-10 удаление мутности и, частично, других указанных загрязнителей, осуществляется на стадии ультрафильтрации. Однако удаление примесей низкомолекулярных органических соединений и повышение органолептических показателей воды достигается в сорбционном блоке. Поэтому, применение УСВРС в сорбционном блоке потенциально позволяет повысить эффективность очистки (и ресурс работы) по указанным параметрам. В носимых фильтрах НФ-10 и НФ-50, аналогично, применение в составе сорбционного элемента сорбента УСВРС позволит увеличить ресурс его работы по типичным для поверхностных водоемов загрязнителям.

Из технических характеристик войсковых средств очистки воды, представленных выше, следует, что ресурс работы указанных средств в большинстве случаев определяется эффективностью и сорбционной емкостью сорбционного блока (элемента) в отношении ОВ, СДЯВ, РВ и микробиологических загрязнителей. Поэтому при анализе характеристик сорбента следует, в первую очередь, рассматривать эффективность сорбента в отношении данных загрязнителей.

Микробиологические загрязнители. В настоящее время применительно к задаче деконтаминации воды от микробиологических загрязнений все виды известных сорбирующих субстанций и материалов являются лишь вспомогательными средствами – средствами доочистки. В средствах полевого водообеспечения, состоящих на снабжении ВС РФ и использующих безреагентную мембранную технологию, обеззараживание воды происходит на нескольких стадиях технологического процесса:

А. На стадии ультрафильтрации вода обеззараживается от бактерий и вирусов. Содержание бактерий снижается в диапазоне от 100 до 1000 раз, вирусов - в диапазоне от 1000 до 10000 раз.

Б. Обеззараживание воды стерилизующей микрофильтрацией. На этой стадии вода практически полностью обеззараживается от бактерий, включая споровые формы. Тем не менее, учитывая механизм микрофильтрации и возможность дефектов в мембранах, теоретически, при исходном заражении бактериями воды 10^6 м.т./л, через мембрану, в фильтрат пройдет 6 м.т.

В. Следующая стадия обеззараживания - адсорбция на активных углях и УФ-облучение.

До настоящего исследования считалось, что активные угли практически не обладают бактерицидным действием. Проведенные исследования показали исключительно высокую эффективность УСВРС по микробиологическим параметрам:

Таблица 3 - Сравнительная эффективность сорбентов в отношении микробиологических загрязнений

Тип микробиологического загрязнения	Степень очистки, %, при выработке 100 % ресурса фильтрующего элемента		
	УСВР	КФГ-М	МОС-ВСК
Колифаги, БОЕ/дм ³	99,86	99,82	96,1
Общее микробное число, КОЕ/см ³	35,0	Менее 1,0	Менее 1,0
Число бактерий группы кишечных палочек в 1 дм ³ (коли-индекс).	100,0	96,0	85,0
Общие колиформные бактерии	100,0	97,8	85,3
Термотолерантные	100,0	99,5	83,0

колиформные бактерии, число бактерий в 100 мл			
---	--	--	--

Эти результаты однозначно показывают целесообразность использования УСВРС в составе войсковых средств очистки воды. Следует также отметить, что в ходе целого ряда многодневных экспериментов с остановками не было выявлено ни одного случая вторичного бактериального заражения фильтрующих элементов с УСВРС. Это указывает на вероятное наличие бактериостатического действия УСВРС.

УСВРС показал также эффективность при очистке воды от биологических средств массового поражения.

Таблица 4 – Эффективность сорбентов УСВРС, КФГ-М и МОС-ВСК при очистке воды по показателю биологические средства массового поражения

Тип загрязнителя	Ресурс работы фильтрующего элемента, % от ресурса, требуемого согласно ТТЗ		
	УСВРС	КФГ-М	МОС-ВСК
Биологические средства массового поражения, не образующие спор	Более 120	Менее 10	Менее 10
Биологические средства массового поражения, образующие споры	Более 120	Менее 10	Менее 10
Биологический поражающий агент вирусной природы	60	20	10
Биологические токсины	10	20	10

Как следует из данных, представленных в таблице 4, УСВРС полностью обеспечивает выполнение требований ТТЗ при очистке воды от биологических средств массового поражения, не образующих и образующих споры. В этом отношении он превосходит сорбенты КФГ-М и МОС-ВСК более чем в 10 раз. По показателю «Биологический поражающий агент вирусной природы» он превосходит КФГ-М и МОС-ВСК от 3 до 6 раз. При очистке воды от биологических токсинов сорбенты имеют сравнимую эффективность и обеспечивают выполнение требований ТТЗ по данному параметру только на 10 – 20%.

Таким образом, суммируя результаты исследований, в краткой форме представленные в таблице 4, можно заключить, что все испытанные сорбенты нельзя признать полностью соответствующими требованию ТТЗ. Тем не менее, из всех испытанных образцов в лучшую сторону можно отметить сорбент УСВРС, использование которого в наибольшей степени обеспечивало очистку воды.

Учитывая совокупность полученных результатов, можно высказать предположение о перспективности разработки средства очистки воды, в состав адсорбирующей части которого необходимо включение сорбента УСВРС, как потенциально способного существенно увеличить ресурс работы по большинству загрязнителей биологической природы.

Радиоактивные вещества – продукты ядерного взрыва. Результаты исследований эффективности сорбентов УАИ-3, КФГ-М, МОС-ВСК и УСВРС в отношении загрязнителей радиологической природы показывают, что ни один из сорбентов не обеспечивает выполнение требований ТТЗ к качеству очищаемой воды по продуктам ядерного взрыва. Несмотря на проявленную в статике избирательность отдельных сорбентов к определённым радионуклидам (КФГ-М к урану и кобальту, МОС-ВСК к йоду, УСВРС к европию и т.д.), динамическая сорбционная активность исследованных сорбентов в отношении радиационных загрязнителей в целом недостаточна в сравнении с требующейся по ТТЗ.

Таблица 5 – Время защитного действия углеродных сорбентов, ч*

Элемент	Сорбент			
	УСВРС	УАИ-3	МОС-ВСК	КФГ-М
Уран	~ 0	~ 0	~ 7,7	~ 10,1
Йод	0	1,5	< 1,0	<< 1,0
Цезий	0	0	0	0
Стронций	0	0	0	0
Кобальт	0	0	0	0
Европий	0	~ 1,6	~ 5,0	~ 10,0

* По ТТЗ время защитного действия должно составлять 100 ч.

Для эффективной очистки воды от радионуклидов необходимо применение сорбентов, высокоселективных к указанным выше радионуклидам, регламентируемым как продукты ядерного взрыва.

ОВ и СДЯВ. Для очистки воды от ОВ и СДЯВ в существующих водоочистных средствах Российской армии используется сорбент катализатор КФГ-М, принятый на снабжение еще в 1940 г., который по эффективности и эксплуатационным качествам не удовлетворяет современным требованиям. Продолжительность фильтроциклов по очистке воды от ОВ до норм МДК технологическими схемами станций МФС-3, ВФС-10 и ВФС-2,5, включающими данный сорбент, в 1,5 - 2,0 раза ниже требуемых значений. То же самое, но до норм ПДК – со станциями СКО-8, СКО-10, установкой ПВУ-300. Иными словами автономная работа полевых водоочистных средств, состоящих на снабжении ВС РФ, в течение 100 ч обеспечивается только до МДК, до норм ПДК ресурс составляет только от 40 до 45 ч. Современные полевые средства водообеспечения используют для очистки воды ультрафильтрацию. Экспериментально установлено, что она снижает концентрацию ОВ (зомана) в исходной воде не более чем на 60 %, очистку до норм ПДК в данных станциях должен обеспечить сорбционный блок.

Исследования эффективности сорбентов в отношении ОВ представлены в закрытых актах исследований ФГУ «33 ЦНИИ Минобороны России. Полученные данные показывают, что требованиям ТТЗ практически соответствует МОС-ВСК, остальные сорбенты в не полной мере соответствуют или не соответствуют полностью. Данные по более слабым ОВ, полученные в НИИЦ (МБЗ) ФГУ «ГосНИИ ВМ МО РФ» также подтвердили этот вывод. В исследованиях были также определены защитные характеристики сорбентов по отношению к таким СДЯВ, как мышьяк, селен, цианиды, свинец. Установлено, что более эффективными оказались сорбенты МОС-ВСК и КФГМ. УАИ-3 и УСВРС в целом не эффективны в отношении указанных токсичных компонентов.

Из этих данных следует, что повышение эффективности войсковых средств очистки воды в отношении ОВ и СДЯВ может быть достигнуто путем введения в состав сорбционных элементов сорбента МОС-ВСК.

В ходе изучения сорбционных свойств МОС-ВСК и КФГ-М было выявлено свойство этих сорбентов выделять входящие в их состав присадки меди и железа, повышающие их концентрацию в очищаемой воде до уровня, значительно

большого задаваемого ТТЗ (см. отчёт по этапу 3 пп. 5.4 - 5.5), что противоречит требованию 4.1.5 ТТЗ. Избежать подобного явления можно добавив к этим сорбентам соответствующие ионообменные смолы.

Солесодержание и жесткость. Обращает на себя внимание полное отсутствие активности изученных сорбентов в отношении загрязнителей ионной природы - это не склонные к гидролизу металлы и анионы сильных кислот (медь, цинк, сульфаты, хлориды, марганец, и пр.). Для извлечения этих веществ эффективны ионообменные материалы: синтетические смолы и неорганические ионообменники, как искусственные, так и природного происхождения. Однако следует отметить, что и такие материалы неэффективны при высоком содержании солей жёсткости, и тем более не эффективны при высокой общей минерализации. Данные сорбенты не могут быть использованы для целей опреснения высокоминерализованных вод.

2 Перспективы эффективного использования сорбентов

Рекомендации по применению перспективных сорбентов могут быть сформулированы по следующим направлениям:

А. Повышение эффективности при очистке от загрязнителей, характерных для всех поверхностных водных источников. Это загрязнители, регламентируемые по таким параметрам, как запах, вкус и привкус, цветность, мутность, железо, алюминий, хлор, нефтепродукты. При исследованиях установлено, что сорбент УСВС в большинстве случаев существенно (от двух и более раз) превосходит другие исследованные сорбенты по этим показателям. Это потенциально позволяет пропорционально увеличить ресурс работы штатного оборудования и его производительность;

Б. Повышение эффективности при очистке от микробиологических загрязнителей. Проведенные исследования показали исключительно высокую эффективность УСВРС по этим параметрам. Использование УСВРС обеспечивает очистку и обеззараживание воды, содержащей самые различные микробиологические загрязнители. Результаты, полученные в ходе исследования сорбента УСВРС, показывают, что данный наносорбент успешно позволяет осуществлять очистку воды от большинства видов микробиологических загрязнений даже при их концентрации $\sim 10^6$ м.т./л. Поэтому

применение УСВРС в сорбционных блоках средств водоочистки позволяет гарантированно обеспечить выполнение требований ТТЗ по степени очистки воды по большинству этих загрязнителей.

Эти результаты однозначно показывают целесообразность использования УСВРС в составе сорбционных блоков СКО-10, ПВУ-300, а также, в НФ-10 и НФ-50. Кроме того, введение УСВРС в состав сорбционного блока целесообразно для устранения повторного заражения воды в самостоятельных водоочистных устройствах (НФ-10, НФ-50), так и входящих в состав комплексных технологических схем водоподготовки. Это решение предполагает введение в состав стандартной обезвреживающей сорбционной засыпки на основе КФГ-М (или МОС-ВСК) сорбента УСВР в количествах, обеспечивающих бактериостатическое действие;

В. Повышение эффективности при очистке от **ОВ и СДЯВ**. В исследованиях оценены защитные характеристики сорбентов по отношению к этим загрязнителям и установлено, что наиболее более эффективным оказался сорбент МОС-ВСК. Достаточно эффективен КФГМ. БАУ-МФ и УСВРС в целом не эффективны в отношении указанных токсичных компонентов. Поэтому совершенствование войсковых средств очистки воды в части повышения эффективности очистки от ОВ и СДЯВ может проводиться путем включения в состав сорбционного фильтра сорбента МОС-ВСК.

Сорбционный фильтр в стандартном безреагентном средстве очистки воды выполняет функции по удалению органических примесей. Включение УСВРС в состав данного элемента (например, на 10 %) увеличит ресурс фильтра в отношении органических загрязнений (оценка по коэффициенту защитного действия в отношении нефтепродуктов) и, что весьма существенно, позволит устранить возможности заражения воды вторичной микрофлорой, развивающейся в обычных условиях на углеродных сорбентах.

Указанные выше возможные направления применения УСВРС в технологических схемах очистки воды могут быть также успешно реализованы в носимых индивидуальных фильтрах (НФ-10, НФ-50), например, для повышения надежности тканевых блок-фильтров.

Для очистки от РВ целесообразно использовать высокоселективные неорганические ионообменные материалы. С применением указанных сорбентов

представляется возможным создание комплексного сорбента, потенциально способного обеспечить очистку воды с высокими динамическими характеристиками по всему кругу практически значимых загрязнителей.

В качестве основы перспективного сорбента для очистки воды от всех практически значимых загрязнителей следует рассматривать УСВРС и МОС-ВСК.

Так, согласно результатам проведённых сравнительных исследований сорбционная активность сорбента МОС - ВСК выше активности КФГ-М, что особенно заметно это в отношении ОВ и СДЯВ. Поэтому простая замена этих сорбентов в сорбционных элементах потенциально существенно повышает эффективность полевых средств водоснабжения.

Что касается сравнения сорбционных свойств в паре УСВРС - УАИ-3, то и здесь, согласно таблице 1, по большинству загрязнителей эффективнее первый сорбент. Основной трудностью для корректного сравнения эффективности очистки воды этими сорбентами является отсутствие широкой практики работы с большими (в первую очередь по высоте) нагрузками УСВРС.

Эти сложности снимаются в случае применения смесей УСВРС и МОС-ВСК (КФГ-М). Так, замена половины КФГ-М равным по объёму количеством УСВРС, по данным ФБУ «33 ЦНИИ Минобороны России», придаёт такому сорбенту привычную консистенцию, тогда как насыпной вес его почти вдвое меньше, чем у КФГ-М. Самое интересное, что эффективность такого сорбента в отношении зомана (при равной по высоте нагрузке) не уступает чистому КФГ-М. Эффект, по-видимому, в основном объясняется увеличением удельного времени контакта активного сорбента с очищаемой водой, и в таком случае есть все основания ожидать такого же эффекта в случае смеси УСВРС с МОС-ВСК. Замена нагрузок КФГ-М на смешанные (КФГ-М + УСВРС или МОС-ВСК + УСВРС) в сорбционных элементах средств полевого водообеспечения позволит существенно уменьшить их вес и стоимость, поскольку МОС-ВСК существенно дороже УАИ-3 (БАУ-МФ) и

УСВРС. При переходе от НФ-10 к НФ-50, ПВУ-300 и СКО-10 этот эффект будет всё значительнее.

3 Применение фильтрующих элементов на основе перспективных сорбционных материалов и наносорбентов типа УСВРС в экспериментальном образце войскового средства очистки воды

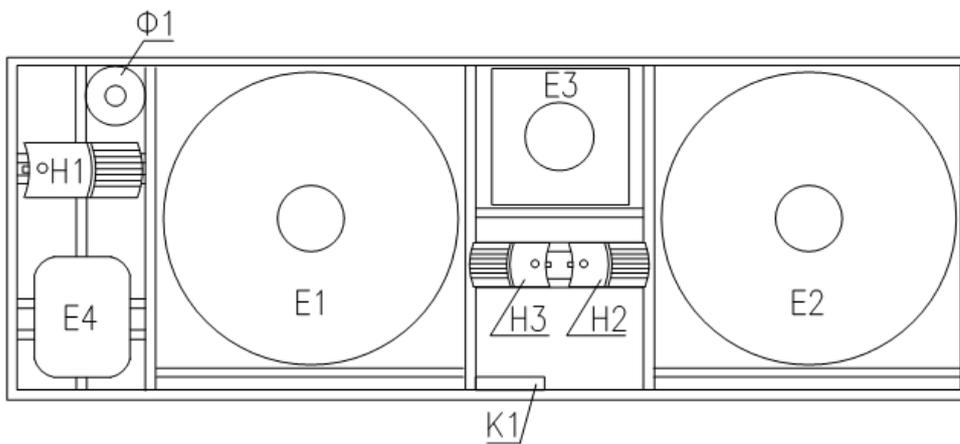
Гидродинамические характеристики предлагаемого комплексного сорбента были проверены на экспериментальном образце войскового средства очистки воды, разработанном и изготовленном на этапе 2 данной НИР.

Экспериментальный образец (стенд) состоит из двух модулей: сорбционного модуля и модуля подготовки, каждый из которых смонтирован на отдельной жесткой раме. Общая технологическая схема образца представлена на рисунке 1.

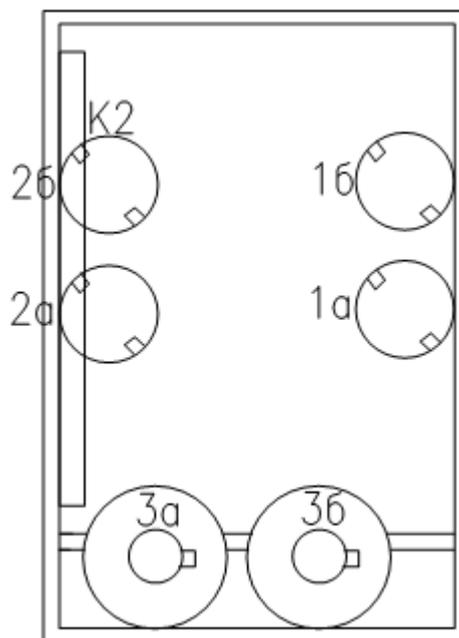
Блок сорбционной очистки с фильтрующими элементами и накопительной емкостью для фильтрата может быть использован для:

- оценки задерживающей способности сорбционных материалов и фильтрующих элементов на их основе по загрязнителям различ;
- определения гидравлических параметров сорбционных агентов;
- определения механических, физико-химических и технологических характеристик фильтрующих элементов на основе УСВРС;
- выбора оптимальных характеристик сорбционных элементов для очистки конкретных водных суспензий и растворов.

В состав блока входят: - питающий коллектор (К2); - накопительная емкость для фильтрата (Е2); - фильтрующие элементы: 1а, 1б – высота фильтрующего слоя сорбента - 300 мм; 2а, 2б – высота фильтрующего слоя сорбента - 600 мм; 3а, 3б – высота фильтрующего слоя сорбента - 1200 мм.



Подготовительный модуль



Сорбционный модуль

Рисунок 1 - Схема взаиморасположения основного технологического оборудования. Н – насосы, Е и Ф – емкости.

В целом в установке можно выделить 5 функциональных блоков:

- блок контроля и управления и блок электропитания К1;
- блок контактно-сепарационной очистки Е3;
- блок подготовки исходной воды Е1, Е4;
- блок приготовления модельных растворов Е2;
- блок сорбционной очистки (сорбционный модуль) с фильтрующими элементами и накопительной емкостью для фильтрата

Схема соединений блока сорбционной очистки с фильтрующими элементами и накопительной емкостью для фильтрата представлена на рисунке 2.

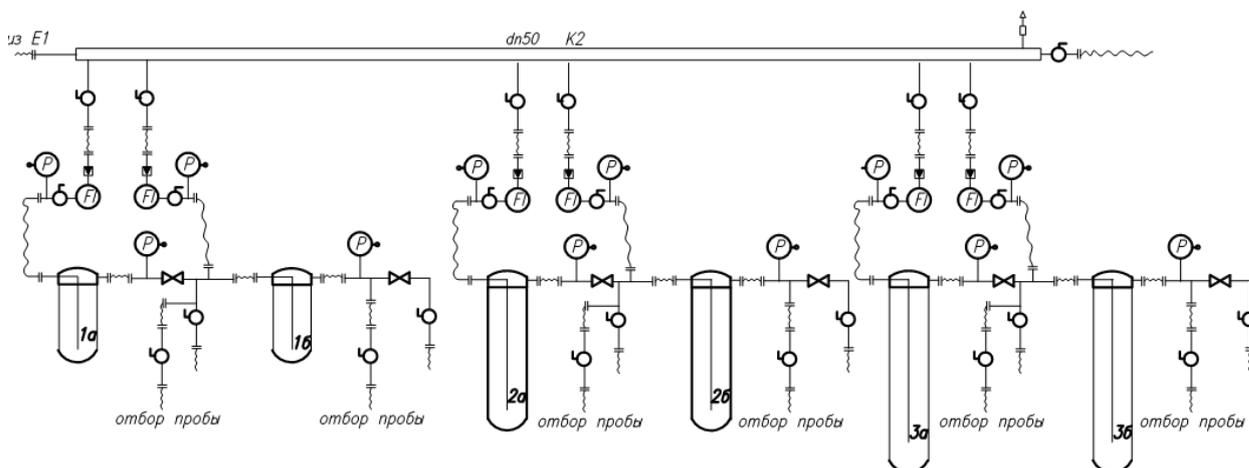


Рисунок 2 - Схема взаиморасположения основного технологического оборудования сорбционного модуля.

Каждая из трех пар фильтрующих элементов может работать в двух режимах: первый – параллельный, когда через первый и второй фильтрующий элемент пропускают исходную воду (модельный раствор) и второй – последовательный, когда фильтрат первого фильтрующего элемента пропускают через второй фильтрующий элемент. Расход пропущенной через фильтрующие элементы воды определяется по показаниям счетчика крыльчатого типа СВ-Х. Скорость потока контролируется с помощью ротаметров с местными показаниями типа РМ. Регулировку скорости потока осуществляют при помощи регулирующих вентилях. Гидравлическое сопротивление сорбционных материалов определяют из разницы значений давления входа и выхода фильтрующего элемента. Корпуса фильтрующих элементов 1а, 1б, 2а и 2б изготовлены из полиэтилена низкого давления. Корпуса 3а,3б изготовлены из стекловолокна, скрепленного эпоксидной смолой. Размеры фильтрующих элементов представлены в таблице 6.

Таблица 6 - Некоторые характеристики фильтрующих элементов

 <p>1а, 1б</p>	<p>Высота в сборе 350* мм Диаметр 185* мм Максимальная температура воды 40 °С</p>
 <p>2а, 2б</p>	<p>Высота в сборе 650* мм Диаметр 185* мм Максимальная температура воды 40 °С</p>
 <p>3а, 3б</p>	<p>Высота в сборе 1320* мм Диаметр 264* мм Максимальная температура воды 49 °С</p>

Фильтры серий 1 и 2 снабжены сменяемыми картриджами. Картриджи были заполнены смешанным сорбентом из УАИ-3 и УСВРС, взятыми в объёмном соотношении 1:1, к которому добавлено 20 % смеси в равных долях сильноосновного анионита АВ-17 и катионита КБ – 125 В. Фильтрующие элементы серии 3 заполняются также описанным комплексным сорбентом.

Приготовление комплексного сорбента проводилось смешением в мешалке барабанного типа (внутренний объём 40 л) в течение 15 минут указанных компонентов:

1. Уголь УАИ- 3 – 10 л;
2. Наносорбент УСВРС – 10 л;
3. Анионит АВ-17, Cl – форма, 2 л;
4. Катионит КБ-125В, Na – форма, 2 л.

Заполнение картриджей (1а, 1б, 2а, 2б) и фильтра 3а, 3б проводилось путем засыпки полученной смеси слоями по 10 – 15 см и уплотнения каждого слоя с усилием ~ 5 – 7 кг/дм².



А.



Б.

Рисунок 3 - Фильтрующий сорбционный элемент типа 1а (корпус и картридж в процессе заполнения сорбентом: со снятой крышкой (А) и перед установкой картриджа в корпус (Б))

Для определения гидродинамических характеристик полученного комплексного сорбента через фильтрующие элементы типов 1, 2 и 3 пропускали техническую воду из водопроводной сети предприятия (таблица 7).

Таблица 7 - Гидродинамические характеристики комплексного сорбента

Тип фильтрующего элемента	1	2	3
Скорость пропускания воды, м/час	10-11	10-11	10-11
Производительность, л/час	175-200	175-200	500-600
Перепад давления на фильтрующем элементе, атм.	0,30- 0,35	0,6 – 0,7	1,2 – 1,3

Из полученных данных следует, что падение гидравлического напора при этом на всех фильтрующих элементах при скорости фильтрования ~10 м/ч не превышало 1 атм/1 м высоты сорбента.

Характеристики воды: исходной технической и пропущенной через фильтрующий элемент № 2 через 100 ч эксплуатации (~ 20 000 л по счетчику расхода) представлены в таблице 8):

Таблица 8 - Химический состав неорганических примесей в исходной воде - проба № 1 и воде после фильтра – проба № 2 (пропущено 20000 литров) – проба 2

№ пробы	Al мг/л	Co мг/л	Cr мг/л	Cu мг/л	Fe мг/л	Mn мг/л	Mo мг/л	Ni мг/л	Окисляемость мг/л
1	2,9	0,0193	0,19	0,8	4,9	0,99	0,11	0,12	12
2	0,13	<0,001	<0,001	0,012	0,15	0,013	<0,001	0,011	6

Данные опыта показывают, что комплексный сорбент работоспособен при требуемой высоте загрузки и обеспечивает приемлемый уровень очистки воды от ряда присутствующих примесей.

Эксперименты с ОВ, СДЯВ, микробиологическими загрязнителями и РВ на стенде не проводились.

4 Заключение

Модернизация водоочистных средств путем совершенствования сорбента наиболее технически и экономически целесообразное решение повышение их эффективности. Увеличение обезвреживающей способности средств водоочистки от БС, ОВ, СДЯВ и РВ при их модернизации не вызовет значимых материальных затрат. Потребуется лишь заменить сорбент (активный уголь) на более современный, с большой сорбционной емкостью. Проведенные исследования выявили возможность повышения ресурса и надежности фильтрующих элементов технологических схем в отношении конкретных видов загрязнений за счет применения в их составе перспективных сорбентов: УСВРС и МОС-ВСК.

С учетом всего объема полученных экспериментальных данных и результатов сравнительного анализа, можно рекомендовать для повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды ориентироваться на разработку комплексного сорбента на основе УСВРС и МОС-ВСК, включающего дополнительно для очистки от РВ неорганические ионообменники на основе гидроксидов металлов, прежде всего, из класса «Термоксидов». Это позволит существенно улучшить характеристики применяемых сегодня сорбентов и эффективность водоочистных средств в целом.

Условия и порядок применения этого комплексного сорбента могут быть разработаны применительно к конкретным войсковым средствам очистки воды на стадии ОКР.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

ООО «ХОЛДИНГ «ЗОЛОТАЯ ФОРМУЛА»

Генеральный директор ООО
«Холдинг «Золотая Формула»

_____ М.А.Сидоров
«_____» «_____» 2011

**Обоснование требований к сорбционным материалам и наносорбентам,
которые могут быть применены в технологических схемах войсковых
средств очистки и опреснения воды.
(ПРОЕКТ)**

К НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

**«Исследование путей повышения эффективности находящихся на
снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем
использования в их технологических схемах фильтрующих
элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси
высокой реакционной способности (УСВРС)»**

Этап 3

Шифр "Плавник-Н"

Работа выполнена по Государственному контракту
№ 92-08 от 30 ноября 2009 г.

Проект научно-технической документации - «Требования к материалам» - «Обоснование требований к сорбционным материалам и наносорбентам, которые могут быть применены в технологических схемах войсковых средств очистки и опреснения воды» разработан в соответствии с п. 1.4. тактико-технического задания № 657-10-09 на научно-исследовательскую работу «Исследование путей повышения эффективности находящихся на снабжении ВС РФ войсковых средств очистки воды путем использования в их технологических схемах фильтрующих элементов на основе наносорбентов типа углеродной смеси высокой реакционной способности (УСВРС)» с учетом проведения экспериментальных исследований, выполненных на этапе 3.

Из полученных экспериментальных результатов следует, что ни один из изученных сорбентов не обеспечивает в полной мере очистку воды до уровня ПДК по всему спектру загрязнений в соответствии с требованиями ТТЗ. В тоже время проведенные исследования выявили возможность повышения ресурса и надежности фильтрующих элементов технологических схем в отношении всего спектра загрязнений (за исключением солесодержания) за счет применения в их составе комплексного сорбента, включающего перспективные сорбенты: УСВР и МОС-ВСК и высокоселективные в отношении регламентируемых радиоактивных веществ неорганические ионообменные материалы.

Таблица 1 - Обоснование требований к сорбционному материалу (комплексному сорбенту)

Требование по ТТЗ	Соответствие требованиям по результатам экспериментальных исследований	Требования по результатам теоретических и экспериментальных исследований
4.1.1 Сорбент должен обеспечивать очистку воды до предельно допустимых концентраций от бактериальных средств, радиоактивных, отравляющих и сильнодействующих ядовитых веществ	Очистку воды до предельно допустимых концентраций - от радиоактивных веществ не обеспечивает ни один из изученных сорбентов; - от бактериальных средств частично обеспечивает сорбент УСВРС; - от отравляющих и сильнодействующих веществ обеспечивает сорбент МОС-ВСК и частично КФГ-М.	Комплексный сорбент (далее – сорбент), включающий в одном фильтрующем элементе нескольких видов селективных сорбентов, должен обеспечивать очистку воды до предельно допустимых концентраций от бактериальных средств, радиоактивных, отравляющих и сильнодействующих ядовитых веществ
4.1.2 Продолжительность фильтроциклов по указанным заражающим агентам до уровня ПДК,	Продолжительность фильтроциклов по указанным заражающим агентам составляет при	Продолжительность фильтроциклов должна составлять не менее 100 ч при использовании

при температуре исходной воды от 4 до 30 °С, без регенерации сорбента должна составлять не менее 100 ч	максимальной концентрации заражающих агентов по бактериальным средствам (усреднено) около 20 ч, по радиоактивным веществам (усреднено) – около 10 ч, по ОВ – 90-100 ч.	сорбента в составе сорбционных блоков СКО-10, ПВУ-300 и аналогичных средств.
4.1.3 Насыпной удельный вес сорбента не должен превышать 0,15 – 0,22 г/см ³	Насыпной удельный вес сорбентов в фильтрующем элементе составляет 0,22 – 0,4 г/см ³	Насыпной удельный вес сорбента не должен превышать 0,4 г/см ³ .
4.1.4 Потеря гидравлического напора на адсорбционном фильтре высотой 1 м и площадью 0,32 м ² при скорости фильтрования 10 м/ч должна составлять не более 1 кгс/см ²	Требование выполняется	Потеря гидравлического напора на адсорбционном фильтре высотой 1 м и площадью 0,32 м ² при скорости фильтрования 10 м/ч должна составлять не более 1 кгс/см ²
4.1.5 Активные добавки, вводимые в сорбент, не должны удаляться в процессе очистки воды, регенерации и хранения	Активные добавки меди и железа, входящие в состав сорбента МОС-ВСК и КФГ-М частично поступают в очищаемую воду. Сорбент УАИ-3 значительно защелачивает очищаемую воду.	Активные добавки, вводимые в сорбент, не должны удаляться в процессе регенерации и хранения, и не должны поступать в очищаемую воду в концентрациях, превышающих ПДК для данных веществ.
4.1.6 Защитные свойства сорбента должны сохраняться при следующих изменениях физико-технических показателей воды: общая жесткость – 7-80 мг экв/л; рН среды – 2-10; активный хлор – 30-100 мг/л.	Влияние в указанных пределах жесткости воды, ее кислотности и содержания активного хлора на продолжительность фильтроциклов не изучалась.	Паспортные (регламентные) значения ресурса работы сорбента должны учитывать изменения физико-технических показателей воды: общая жесткость – 7-80 мг экв/л; рН среды – 2-10; активный хлор – 30-100 мг/л.
4.1.7 Очищенная вода должна отвечать «Требованиям к качеству исходной и очищенной воды по микробиологическим, токсикологическим и органолептическим показателям для средств очистки и опреснения	Ни один из изученных сорбентов не обеспечивает требуемое снижение солесодержания и жесткости воды. Сорбенты не могут быть использованы для задачи опреснения воды. Требования по токсикологическим и микробиологическим	Вода, очищенная с использованием сорбентов, должна отвечать «Требованиям к качеству исходной и очищенной воды по микробиологическим, токсикологическим и органолептическим показателям для средств

воды»;	показателям соответствуют (в разной степени) требованиям ТТЗ.	очистки воды». Предварительное снижение общей и карбонатной жесткости, а также общего солесодержания до уровня ПДК должно осуществляться с использованием ионообменных материалов»
4.1.8 Гарантийный срок хранения сорбента должен быть не менее 10 лет в интервале температур от -50 до +50 °С и относительной влажности до 100 %;	Гарантийный срок хранения сорбентов в зависимости от типа согласно ТУ изменяется от 1 до 5 лет УСВР - соответствует	Гарантийный срок хранения сорбента должен быть не менее 5 лет в интервале температур от -50 до +50 °С и относительной влажности до 100 %;
4.1.9 Сорбент должен быть пожаро- и взрывобезопасен в условиях хранения и эксплуатации;	Соответствует требованиям	Сорбент должен быть пожаро- и взрывобезопасен в условиях хранения и эксплуатации;
4.1.10 Сорбент должен быть транспортабелен авиационным, железнодорожным, автомобильным и водным транспортом, а также должен сохранять защитные свойства в условиях грузового десантирования;	Соответствует требованиям	Сорбент должен быть транспортабелен авиационным, железнодорожным, автомобильным и водным транспортом, а также должен сохранять защитные свойства в условиях грузового десантирования;
4.1.11 Сорбент не должен изменять защитные свойства при воздействии нейтронного потока;	Требованиям соответствуют*	Сорбент не должен изменять защитные свойства при воздействии нейтронного потока;
4.1.12 Сорбент не должен оказывать негативного воздействия на организм;	Соответствует требованию: Согласно: МОС-ВСК – ТУ 7837-371-04838763-2010; УАИ-3 – ТУ 2162-002-52273871-2002; УСВР – ТУ 2166-002-96144318-2010; КФГ-М – данные отсутствуют;	Сорбент не должен оказывать негативного воздействия на организм
4.1.13 Механическая прочность на истирание, % - не менее 50.	Требованию соответствуют (МОС-ВСК, УАИ-3), на УСВРС требование не	Требования по механической прочности на истирание на наносорбент

	распространяется (ГОСТ Р 51641-2000).	не распространяются. Сорбент УСВРС (вне смешанного слоя) должен иметь сопротивление сжатию не менее 0,5 МПа.
--	---------------------------------------	--

*ФГУП «НПО «Радиевый институт им. В.Г.Хлопина». «Новые углеродные материалы для захоронения радиоактивных отходов». Фирсин Н.Г. и др. Тезисы доклада на VII Межд. конф. по рению и технецию. М., 2011 г.

Мировой и отечественный опыт применения сорбирующих, фильтрующих и ионообменных материалов для очистки воды показывает, что наиболее эффективным является использование в составе единого блока очистки нескольких материалов с наиболее высокими техническими характеристиками.

Предлагаемые к применению в составе комплексного сорбента компоненты должны производиться в промышленном или опытно-промышленном масштабе в нашей стране и при их производстве не должны использоваться дефицитные, дорогостоящие или импортные материалы.

С учетом фактического наличия действующих в настоящее время производств и освоенных технологий в качестве указанных компонентов комплексного сорбента должны быть выбраны следующие материалы:

- БАУ-МФ или его аналог УАИ-3и производства ЗАО «Техносорб», г. Пермь по ТУ 2162-002-52273871-2002;
- МОС-ВСК (или его аналог) производства ОАО «ЭНПО «Неорганика», г. Электросталь по ТУ 7837-371-04838763-2010;
- УСВРС (или его аналог) производства ООО «Холдинг «Золотая Формула», г. Санкт-Петербург по ТУ 2166-002-96144318-2010;
- высокоселективные неорганические гидроксидные сорбенты из класса «Термоксидов» (конкретная марка должна быть определена на этапе ОКР).

УСВРС в составе разрабатываемого комплексного сорбента должен обеспечить:

- эффективность при очистке от загрязнителей, характерных для всех поверхностных водных источников. Это загрязнители, регламентируемые по таким параметрам, как запах, вкус и привкус, цветность, мутность, железо, алюминий, хлор, нефтепродукты;
- эффективность при очистке от микробиологических загрязнителей;

- бактериостатическое действие.

МОС-ВСК в составе комплексного сорбента должен обеспечить эффективность при очистке от ОВ и СДЯВ.

Неорганический гидроксидный сорбент из класса «Термоксидов» должен обеспечить очистку от РВ.

С применением указанных сорбентов представляется возможным создание комплексного сорбента, потенциально способного обеспечить очистку воды с высокими динамическими характеристиками по всему кругу практически значимых загрязнителей.