

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сальникова Николая Александровича  
«Мембранная очистка санитарно-гигиенической воды в замкнутой системе  
водообеспечения», представленной на соискание ученой степени  
кандидата технических наук по специальности 05.17.08 Процессы и аппараты  
химических технологий (технические науки)

На сегодняшний день и в ближайшем будущем регенерационные системы жизнеобеспечения отечественной пилотируемой космонавтики будут базироваться на физико-химических процессах. Ныне действующие и разрабатываемые регенерационные системы жизнеобеспечения основываются на процессах и аппаратах химической технологии, но имеют ряд особенностей и удовлетворяют ряду специфических требований, таких как минимально возможная масса, размеры и энергопотребление, а также способность функционировать в условиях микрогравитации.

При длительных пилотируемых полетах за пределы околоземной орбиты, в частности, при планировании российской лунной программы, в условиях ограниченных доставок грузов возникает целый ряд трудностей, в том числе и с санитарно-гигиеническим обеспечением экипажей. На Международной космической станции (МКС) процедуры по гигиенической обработке лица и тела проводятся с использованием увлажненных салфеток и полотенец. В рамках лунной программы объем запасов полотенец может занять объем целого модуля, что крайне нерационально. Наиболее рациональным выходом видится организация на борту водных процедур экипажа и стирки одежды с регенерацией санитарно-гигиенической воды (СГВ). В связи с этим, задача создания системы регенерации санитарно-гигиенической воды для пилотируемых космических аппаратов с максимально возможной замкнутостью по воде с высоким коэффициентом ее извлечения является крайне актуальной.

В диссертационной работе Сальников Н.А. предложил применить низконапорный обратный осмос для регенерации СГВ при использовании экипажем общепринятых моющих средств, в которых содержится значительное количество низкомолекулярных органических веществ. Мембранные методы на основе классического обратного осмоса применяются на космических станциях весьма ограниченно из-за необходимости создания давления в несколько десятков атмосфер, что небезопасно. В предложенной Сальниковым Н.А. системе регенерации воды процесс обратноосмотической очистки осуществляется при давлении менее 1 Мпа. При проведении исследований им выявлен ряд важных особенностей процесса регенерации воды обратным осмосом и предложены подходы к расчету аппаратов. Так, обнаружено образование слоя связанных с мембраной веществ, который создает дополнительное сопротивление массопереносу через мембрану. Сальниковым Н.А. предложено проводить расчет коэффициента массоотдачи задержанных мембраной растворенных веществ в ядро потока с использованием аналогии между массообменом и теплообменом. Вследствие существенного различия в коэффициентах переноса для теплообмена и массообмена им введена компенсационная поправка в виде функции  $f(Le) = Le^n$ .

Сальников Н.А. экспериментально подтвердил рассчитанные показатели и эффективность разработанной технологии регенерации воды на прототипе системы регенерации СГВ при подаче реальной санитарно-гигиенической воды. Достигнута существенная замкнутость системы по санитарно-гигиенической воде, которая составила 97-98%. Более того, Сальников Н.А. разработал и внедрил методику расчета производительности обратноосмотического аппарата для высоких степеней извлечения воды, которая принята в АО «НИИхиммаш» к использованию для расчетов производительности такого оборудования. Предлагаемые способ и система очистки СГВ защищены патентами РФ, в которых Сальников Н.А. является соавтором патентов на изобретение и полезную модель.

Необходимо отметить, что эксплуатация предложенной Сальниковым Н.А. системы регенерации на космической станции даст экономию до 4 тонн воды в год для экипажа из 3-х человек по сравнению с доставкой запасов под требуемые нужды.

В качестве замечания можно отметить следующее: отсутствует методика оценки экономического эффекта от регенерации СГВ на борту МКС, что не позволяет понять, учтены ли в ней прогнозируемые ресурсные показатели сменного оборудования и потребности в их доставке.

Указанное замечание не влияет на общий результат диссертационной работы, которая выполнена на высоком научно-техническом уровне и имеет высокое практическое значение.

Полученные Сальниковым Н.А. результаты вносят весомый вклад в развитие регенерационных систем жизнеобеспечения, расширяют возможности использования обратного осмоса, а решения, полученные в диссертационной работе, будут использованы при проектировании систем регенерации воды для пилотируемых космических миссий. К тому же, не вызывает сомнений, что полученные Сальниковым Н.А. данные будут полезны для применения в промышленности и коммунальном хозяйстве.

По теме диссертации автором опубликовано 20 печатных работ (из которых 3 статьи в журналах из перечня ВАК, 2 статьи в журналах, включенных в международную реферативную базу данных Scopus, 2 статьи в российских рецензируемых журналах). Результаты диссертационных исследований Сальникова Н.А. апробировались на ряде конференций всероссийского и международного масштаба.

Необходимо отметить, что Сальников Н.А. в ноябре 2021 года в составе группы авторов принимал участие в XXII Научно-технической конференции учёных и специалистов, посвященной 60-летию полета Ю.А. Гагарина, 75-летию ракетно-космической отрасли и основанию ПАО «РКК «Энергия», на которой за свой доклад на секции «Системы терморегулирования и жизнеобеспечения» награжден первой премией.

