

# ВЕСТНИК

МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ЭКОЛОГИИ  
И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Том 26 № 4  
2021



Санкт-Петербург

ISSN 1605-4369

**ВЕСТНИК  
МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ЭКОЛОГИИ  
И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
(МАНЭБ)**

Теоретический и научно-практический журнал

Том 26, № 4 2021 г.

Журнал основан в 1995 году

Учредитель журнала: Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ).

**Главный редактор: доктор технических наук, профессор Родин Геннадий Александрович**

**Врио главного редактора:** кандидат технических наук, член-корр. МАНЭБ Родин Владислав Геннадьевич

**Заместитель главного редактора:** кандидат технических наук, доцент Малаян Карпуш Рубенович

**Заведующий редакцией:** кандидат технических наук, доцент Занько Наталья Георгиевна

**Редакционный совет:**

**Русак Олег Николаевич – председатель Редакционного совета, доктор технических наук, профессор, Президент МАНЭБ**

**Агошков Александр Иванович** – доктор технических наук, профессор

**Алборов Иван Давыдович** – доктор технических наук, профессор

**Бородий Сергей Алексеевич** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Иванов Андрей Олегович** – доктор медицинских наук, профессор

**Ковязин Василий Федорович** – доктор биологических наук, профессор

**Минько Виктор Михайлович** – доктор технических наук, профессор

**Мустафаев Ислам Исафили оглы** – доктор химических наук, профессор, член-корреспондент НАН Азербайджана

**Петров Сергей Афанасьевич** – доктор технических наук, профессор

**Петров Сергей Викторович** – кандидат юридических наук, профессор

**Чердабаев Магауия Тажигараевич** – доктор экономических наук, профессор (Казахстан)

**Чжан И** - доктор технических наук, профессор (КНР)

**Редакционная коллегия:**

**Баранова Надежда Сергеевна** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент

**Бардышев Олег Андреевич** – доктор технических наук, профессор

**Чжан И** – доктор технических наук, профессор (КНР)

**Воробьев Дмитрий Вениаминович** – доктор медицинских наук, профессор

**Габиров Фахраддин Гасан оглы** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник (Азербайджан)

**Ибадулаев Владислав Асанович** – доктор технических наук, профессор

**Грошилин Сергей Михайлович** – доктор медицинских наук, профессор

**Ефремов Сергей Владимирович** – кандидат технических наук, доцент

**Линченко Сергей Николаевич** – доктор медицинских наук, профессор

**Позднякова Вера Филипповна** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Фаустов Сергей Андреевич** – кандидат медицинских наук, доцент

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и размещается на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)).

Информация о журнале размещена на сайте [www.vestnik-maneb.ru](http://www.vestnik-maneb.ru).

За использование сведений, не подлежащих публикации в открытой печати, ответственность несут авторы.

**Адрес редакции:** 194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5, тел/факс: (812)6709376,  
электронная почта: [vestnik\\_maneb@mail.ru](mailto:vestnik_maneb@mail.ru)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ</b> .....	4
<b>Бардышев О.А., Бардышев А.О.</b> Обеспечение безопасности при обслуживании фасадов высотных зданий.....	4
<b>Крюкова О.В., Золотов А.С.</b> Нормальная и ускоренная оценка надежности вооружения, военной и специальной техники...	8
<b>Михайленко В.С., Кириллова Н.В., Кича М.А.</b> Современные методы и средства дезактивации в Военно-Морском Флоте .....	15
<b>Половинкина О.Н., Кича Е.И., Кича М.А., Маловик Д.С., Михайленко В.С., Зайцева В.В.</b> Основные технические решения и характеристики установки газодинамической стационарной, используемой для проверки средств очистки воздуха от оксида углерода и водорода.....	19
<b>Половинкина О.Н., Кича Е.И., Кича М.А., Маловик Д.С., Михайленко В.С., Зайцева В.В.,</b> Основные технические решения и характеристики установки газодинамической стационарной, используемой для проверки средств рециркуляционной очистки воздуха малых гермообъектов от оксида и диоксида углерода .....	24
<b>ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ</b> .....	29
<b>Габиров Ф.Г., Зейналов А.З.</b> Использование утилизированных автопокрышек при конструировании консольного головного овражного противозерозионного сооружения.....	29
<b>Матвеев О.А., Раковская Е.Г., Занько Н.Г.</b> Анализ инновационных технологий переработки отработанных шин .....	32
<b>Золотарев Г.М.</b> Схема переброски воды из реки Обь в реку Волга.....	35
<b>Апанасенко О.А., Каткова С.А., Жамская Н.Н., Бянкина Л.С.</b> Определение минерального состава белка сточных вод.....	38
<b>Касьянов В.В., Кича Е.И., Кича М.А., Маловик Д.С., Михайленко В.С., Зайцева В.В.</b> Фотокатализ на страже народного хозяйства.....	42
<b>Малеев Н.В., Петренко Ю.А., Зельдин Б.Б.</b> Проблемы закрывающихся шахт Донбасса.....	50
<b>ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ</b> .....	55
<b>Золотарев Г.М., Немошклов С.М., Завьялова Е.Е., Прокофьева О.Н., Дайнеко Ф.А.</b> <b>Поднебесная В.К., Петрова З.К.</b> Предложение по строительству туристического кластера «Курорты Астрахани».....	55
<b>В ПОРЯДКЕ ОБСУЖДЕНИЯ</b> .....	60
<b>Пейч Н.Н., Маловик Д.С., Кича М.А., Михайленко В.С.</b> Развитие и особенности естественной циркуляции в паропроизводящей установке с прямоточными парогенераторами.....	60
<b>Пакальнис В.В., Зайцева В.В., Михайленко В.С.</b> Основные достижения химии катодных материалов для литий-ионных аккумуляторов .....	64
<b>НЕКРОЛОГ Памяти Сергея Андреевича Фаустова</b> .....	70

## ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 656

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ФАСАДОВ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ

**Бардышев О.А.**, доктор технических наук, профессор, академик МАНЭБ

**Бардышев А.О.**, член-корреспондент МАНЭБ

**Аннотация.** При эксплуатации высотных зданий, особенно с большим процентом остекления фасада, актуальной является задача обслуживания фасада – мойки стекол и замены стеклопакетов. В статье рассматривается опыт применения различного оборудования для решения этой задачи. Подробно описывается система обслуживания фасада башни «Лакhta-Центр» с применением специальных подъемников.

**Ключевые слова:** обслуживание фасадов, высотные здания, мойка стекол.

### ENSURING SAFETY DURING MAINTENANCE OF FACADES OF HIGH-RISE BUILDINGS

**Bardyshev O.A., Bardyshev A.O.**

**Annotation.** When operating high-rise buildings, especially with a large percentage of façade glazing, the task of façade maintenance is urgent – glass washing and replacement of double-glass windows. The article discusses the experience of using various equipment to solve this problem. The maintenance system of the facades of the Lakhta-center tower is described in details with the use of special lifts.

**Keywords:** maintenance of facades, high-rise buildings, glass washing

Строительство и эксплуатация высотных зданий вызвали целый ряд проблем, решение которых вызывает определенные затруднения. К ним относятся, в первую очередь, вопросы пожаротушения, эвакуации людей в случае возникновения опасности, работы лифтов, удаления бытовых отходов и др., в том числе и вопросы содержания фасадов таких зданий.

Строящиеся в Китае и ОАЭ жилые здания высотой 30-50 этажей с наружными стенами из железобетона имеют окна относительно небольших габаритов, стекла можно мыть изнутри здания. В строящихся в Москве и Санкт-Петербурге зданиях средней этажности (20-27 этажей) проблему составляет только сплошное остекление лоджий. Доступ ко всей поверхности стекла лоджий из квартиры невозможен. Поскольку площадь лоджий составляет небольшую часть площади фасада, проблема решается с использованием промышленных альпинистов.

Большинство современных высотных зданий – офисных зданий, гостиниц и т.п. имеет сплошное остекление фасадов, где вопрос как мыть стекла, так и их замены представляет серьезную проблему. Например, вес стеклоблока на башне «Лакhta-центр» в Санкт-Петербурге составляет более 800 кг, поэтому его замена при высоте рабочей части башни более 300 м невозможна без применения специальных средств механизации процесса. Может складываться впечатление, что на такой высоте влияние запыления и других загрязнений минимально, но, например, на смотровой площадке башни Бурж-Халеба в Дубае на 140 этаже (высота около 400 м) стекла оказались достаточно грязными.

Рассмотрим различные варианты выполнения этих работ и возможные средства их механизации.

В жилых зданиях высотой до 30 этажей с застекленными лоджиями площадь сплошного остекления не превышает 20% площади фасада, поэтому мытье стекол лоджий проводится мойщиками - промышленными альпинистами с подвесных люлек. Стрела с электролебедкой и противовесом размещается на плоской крыше здания, безопасность обеспечивается конструкцией лебедки, наличием двух несущих канатов и страховочными приспособлениями. Управляет лебедкой оператор, имеющий связь с мойщиком.

В зданиях со сплошным остеклением фасада применяются специальные подъемники с подвесными кабинами, рассчитанными на двух-трех мойщиков. Для перемещения этих подъемников вдоль фасада устраиваются специальные рельсовые пути на крыше здания. Кабины подвешиваются на телескопических стрелах с лебедками или на специальных кранах-подъемниках. Такое устройство имеется в Санкт-Петербурге на здании «Петровский форт» с кольцевыми рельсовыми путями на крыше здания для перемещения крана с подвешенной люлькой.

Для работы с люльками применяются специальные лебедки с устройствами, обеспечивающими повышенную степень безопасности при работе мойщиков.

Примером может служить французская лебедка Fixator Lifting 500M грузоподъемностью 500 кг, на двух барабанах которой намотаны основной (грузоподъемный) и вспомогательный (страховочный) канаты диаметром 8,5 мм. Привод лебедки от трехфазного электродвигателя мощностью 0,75 кВт. Лебедка оснащена основным тормозом, срабатывающим при отсутствии электропитания, и аварийным ловителем, срабатывающим при ослаблении грузоподъемного каната или его ослабления, а также при неисправности лебедки. Лебедка снабжена ограничителем оборотов, при превышении скорости каната более 9 м/мин отключается электродвигатель и срабатывает основной тормоз. Имеется также устройство контроля порядка подключения фаз. Для укладки канатов на барабан лебедки используются канатопроводящие шкивы.

Управление лебедкой с выносного пульта управления, позволяет оператору контролировать положение рабочей платформы. На пульте кроме кнопок управления лебедкой, также имеется кнопка аварийного выключения и индикатор подачи тока на лебедку.

Если используется одна лебедка, то применяется люлька на одного человека с оборудованием для мойки, например, емкости с моющим раствором и электронасосом для распыления раствора. При необходимости работы одновременно двум или более мойщиками используются рабочие платформы с подвеской с помощью двух лебедок. Синхронизация работы лебедок для обеспечения горизонтальности пола платформы обеспечивается системой управления.

Рабочая платформа изготавливается чаще всего из алюминиевого проката с высотой перил 1000 мм и отбортовкой высотой 80-100 мм по низу платформы, пол из просечного алюминиевого листа. Подъем и опускание платформы осуществляется оператором по команде мойщиков по радию. Имеются варианты с управлением платформой непосредственно мойщиками, в этом случае оператор осуществляет контрольные функции.

Конструкции кранов-подъемников, лебедок и рабочих платформ достаточно разнообразны, но их общая черта – обеспечение безопасности работающих на платформе или в люльке.

Наиболее сложные решения применяются для высотных зданий с высотой более 100 м, где даже при небольшом ветре раскачивание рабочей платформы может вести к невозможности выполнения работ. Примером может служить башня «Лахта-центр», где применены две схемы обслуживания поверхности здания.

Верхняя часть здания на высоте свыше 274 м обслуживается с помощью рабочих платформ, подвешенных на консольные краны, установленные на рабочей площадке перед конусной частью башни. Нижняя часть обслуживается с помощью самоходных платформ, перемещающихся по специальным рельсам, установленным на ребрах башни.

Проблема с обслуживанием фасадов здания состоит не только в его высоте, а, преимущественно, в форме этих фасадов. В плане здание выполнено в виде стилизованной пятиконечной звезды, при этом с высотой его диаметр уменьшается, что полностью исключает применение описанных выше устройств для обслуживания здания. При этом надо учитывать возможную потребность замены оконных стеклоблоков, которую можно выполнять только снаружи. При разработке оборудования следует учитывать особенности нахождения башни на морском берегу – наличие постоянных ветров и повышенной влажности.

Поэтому специалисты петербургской фирмы ООО «Тетра-Строй», специализирующейся на изготовлении специальных подъемников, предложили вариант подъемника для мойки окон башни и обслуживания фасадов, а также замены стеклопакетов, состоящий из рабочей и грузовой платформ. Фермы подъемника перемещаются по специальным рельсам, установленным на ребрах фасада башни.

Из-за особенностей конфигурации башни пришлось сделать два варианта платформ по длине – 8 и 23 м. Платформа представляет собой решетчатую ферменную конструкцию, на которой установлены два приводных блока, один из которых закреплен постоянно, а второй может перемещаться вдоль платформы, поскольку расстояние между рельсами уменьшается с высотой башни. На короткой рабочей платформе устанавливается одна рабочая люлька, на длинной – три рабочих люльки. Люльки перемещаются по ферме платформы на специальных рельсах с помощью зубчатой рейки и ручного штурвала. Для приближения люльки в рабочем положении к стене башни она может выдвигаться по консольным направляющим аналогичным способом.

Приводные блоки состоят из четырех приводов, включающих электродвигатель, редуктор, дисковый тормоз и приводную звездочку. Звездочка входит в зацепление с двухрядной втулочно-роликовой цепью, установленной внутри П-образного корпуса направляющего рельса. Приводной блок оснащен роликами для передвижения внутри корпуса рельса и прижатия звездочки к звеньям цепи.

Направляющий рельс состоит из блоков длиной 4200 мм, изготовленных из конструкционной стали с оцинковкой и антикоррозионной окраской. Внутри корпуса рельса смонтированы медные шинопроводы для подачи электроэнергии на привод. Секции цепи короче блока, поэтому одновременно в работе участвуют три привода из четырех.

Управление рабочей платформой смонтировано в шкафу рядом со стационарным приводным блоком, основано на использовании программируемых логических контроллеров (ПЛК) для обеспечения работы платформы. Непосредственно управление рабочими операциями – подъем и опускание платформы, работа с грузовой платформой осуществляются с пультов управления в ближайшей к стационарному блоку люльке.

Грузовая платформа отличается наличием вместо люлек грузовой тележки. Тележка снабжена электроприводом для передвижения вдоль фермы и выдвигания грузовой консоли. Блок управления находится на ферме рядом со стационарным приводным блоком. На грузовую консоль подвешивается пневмовакуумный захват для стеклопакетов. Грузовая платформа в рабочем положении находится на фиксированном расстоянии выше рабочей платформы с тем, чтобы рабочие могли проводить операции по монтажу и демонтажу стеклопакетов.

В нерабочем положении платформы находятся на складе, где производится их обслуживание и подготовка к работе. Для монтажа платформ снимается третья снизу секция направляющих рельсов, после чего краном заводят блоки приводов платформ в нижние секция и возвращают на место снятую секцию.

Безопасность работы подъемника обеспечивается наличием программ для ПЛК, контролирующих работу подъемника и применением комплекса защитных устройств, которые включают анемометр не допускающий работу при скорости ветра более 12,5 м/с, ограничитель грузоподъемности, ограничители высоты подъема и нижнего положения платформ, датчики горизонтального положения платформы. При превышении скорости опускания выше 9 м/мин срабатывает ловитель. Согласование скорости движения стационарного и подвижного приводных блоков осуществляется с помощью энкодеров.

Разработке данной конструкции предшествовала достаточно длительная работа по поиску приемлемого решения, опытные экземпляры испытывались на специальных стендах (Рисунок 1).



Рисунок 1. Испытания 23-метровой платформы подъемника на стенде

При этом нужно было решить две задачи – избежать перекоса ферм при образовании консоли на верхних этажах здания и исключить попадание зубьев звездочек на ролики цепи при прохождении приводом зазоров между секциями рельсов. Эти задачи удалось решить при привлечении к работе фирмы «Tractel», Люксембург, имеющей опыт работы по разработке подъемников, за счет управления приводами с помощью специальных программ для ПЛК. Свою долю внесли и специалисты ЗАО «Санкт-Петербургская Техническая экспертная компания», принимавшие участие в испытаниях и доводке подъемника.

Следует отметить, что опыт работы с подъемниками для фасадных работ может использоваться и в других случаях. Например, ООО «Тетра-Строй» разработало и изготовило оригинальную кабину для ремонта внутреннего оборудования реакторной колонны на комбинате «Акрон», позволившую безопасно выполнять эти работы в сложных стесненных условиях.

Приведенный выше обзор оборудования, применяемого для безопасного обслуживания фасадов высотных зданий, естественно, не охватывает все возможные конструктивные решения с учетом формы фасадов некоторых современных небоскребов, но дает общее представление о методах решения задачи.

### Библиография

1. Технический регламент Таможенного Союза. ТР ТС № 010/2011 «О безопасности машин и оборудования»
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. Правила безопасности опасных производственных объектов, на которых используются подъемные сооружения.

УДК

## НОРМАЛЬНАЯ И УСКОРЕННАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

**Крюкова О.В.**, кандидат технических наук, e-mail: [nochpa@mail.ru](mailto:nochpa@mail.ru) ;

**Золотов А.С.**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник – ФГБУ «33 ЦНИИИ» МО РФ

**Аннотация.** Разработаны рекомендации по применению нормальных и ускоренных методов оценки нормируемых показателей надежности вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты на различных стадиях жизненного цикла. Установлено, что преимуществом нормальной оценки является максимальная приближенность условий эксплуатации к реально существующим, ее основным недостатком является длительность определения или контроля некоторых видов показателей. Соответственно, предложено оценку показателей долговечности по календарному сроку и сохраняемости осуществлять ускоренным методом путем интенсификации деградиационных процессов, происходящих в изделии и приводящих к выходу его характеристик за допустимые пределы, на основе кинетической зависимости изменения основных показателей технического (качественного) состояния составных частей или материалов изделия при их старении от того или иного внешнего фактора. Рекомендовано выполнять оценку ремонтпригодности ускоренным методом для высоконадежных, уникальных, мелкосерийных или дорогостоящих изделий путем моделирования или искусственного внесения отказов. Обосновано, что ускорение испытаний может быть достигнуто для всех видов показателей надежности путем сокращения или исключения из процесса испытаний периодов ожидания применения без изменения режима функционирования изделия и его составных частей.

**Ключевые слова.** Показатель надежности, оценка надежности: нормальная, ускоренная, оценка ремонтпригодности, моделирование надежности.

## NORMAL AND ACCELERATED ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF WEAPONS, MILITARY AND SPECIAL EQUIPMENT

**Kryukova O.V., Zolotov A.S.**

**Annotation.** Developed recommendations for the use of normal and accelerated methods of assessing the indicators of the reliability of the weapon and the means of radiation, chemical and biological protection at different stages of life. It is established that the priority of the normal assessment is the maximum closeness of the conditions of operation to the real being, its main shortcoming is the length of the definition or control of some of the controls. Sootvetstvenno, predloženo ocenkw pokazateley dolgovečnosti along kalendarnomw srokw and retention oswščestvlyat wskorenim metodom way ĩntensĩfikacĩi degradation processes, from proĩsxydyščĩx ĩzdelĩi and prĩvodyščĩx vĩxodw His karakterĩstĩk Last dopwstĩmie predelĩ, on Fundamentals of kĩnetĩčeskoy zavĩsimostĩ Changes osnovnix pokazateley texnĩčeskogo (kačestvennogo) sostoyaniya sostavnĩx častey or materials products Prix their old age from that or another external factor. It is recommended to perform an assessment of repair efficiency by an accelerated method for high-performance, unique, small-series or costly items by modeling or artificially failing. It is justified that the acceleration of tests can be achieved for all types of indicators of reliability by reduction or exclusion from the process of testing periods of expectation without changing the mode of operation of the product and its components.

**Keywords:** Reliability index, Reliability assessment: normal, accelerated, maintainability assessment, reliability simulation.

На современном этапе развития Вооруженных сил Российской Федерации в условиях их интенсивного переоснащения наблюдается устойчивая тенденция к снижению уровня контроля качества вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ).

Данное положение дел обусловлено снижением объемов финансирования оборонно-промышленного комплекса, в том числе за счет сокращения государственного участия в общем объеме инвестиций, выделяемых на переоснащение производственного фонда, отсутствием единых требований к методам оценки надежности ВВСТ, а также сокращением сроков государственных испытаний образцов при одновременном усложнении используемой при их конструировании элементной базы.

Как правило, планирование длительности опытно-конструкторских работ (ОКР), а также государственных испытаний проводится без учета объективной возможности оценки установленных в тактико-технических заданиях требований.

Зачастую из-за значительной стоимости изготовления или высокой сложности конструкции весь объем испытаний проводится на единственном опытном образце. По этой причине определение или контроль тех или иных показателей надежности (ПН) в рамках государственных испытаний и даже ОКР нормальными методами (без ускорения или форсирования испытаний) оказывается попросту невозможным.

Надежность изделия в целом зависит от надежности его элементов, и чем выше их надежность, тем выше надежность всего изделия.

Надежность — свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Недостаточная надежность объекта приводит к огромным затратам на его ремонт.

Надежность объекта является комплексным свойством, ее оценивают по четырем показателям — безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости или по сочетанию этих свойств

Если в результате анализа требуется дополнительно определить параметры, характеризующие безопасность, необходимо в дополнение к отказам оборудования и нарушениям работоспособности системы рассмотреть возможность повреждений самого оборудования или вызываемых ими других повреждений. Если на этой стадии анализа безопасности предполагается возможность отказов в системе, то проводится анализ риска для того, чтобы определить последствия отказов в смысле ущерба, наносимого оборудованию, и последствий для людей, находящихся вблизи него.

В этой связи, является целесообразной разработка рекомендаций по применению нормальных и ускоренных методов оценки нормируемых показателей надежности ВВСТ.

К условиям работы относится номенклатура внешних воздействующих факторов, основными из которых являются следующие:

- природно-климатические (температура, влажность и др.);
- механические (синусоидальная и широкополосная вибрация, удары многократного и одиночного действия и другие механические факторы, действующие, в частности, в условиях транспортирования изделия);
- электромагнитные (электромагнитное излучение и помехи искусственного и естественного происхождения, создаваемые возмущениями верхних слоев атмосферы, разрядами молний);
- воздействие ядерных взрывов;
- воздействие оружия массового поражения и других видов оружия;
- комбинированное воздействие нескольких перечисленных факторов.

К режиму работы относится сочетание циклов непосредственного использования по назначению с периодами ожидания применения. В течение периода ожидания применения может производиться техническое обслуживание и восстановление образца. Исходя из характерных режимов применения, любые технические системы подразделяются на изделия однократного применения (с предшествующим периодом ожидания); изделия многократного циклического применения, у которых циклы использования чередуются с периодами ожидания; изделия непрерывного длительного применения, у которых период использования по назначению много больше суммарных периодов ожидания, связанных в первую очередь с необходимостью обслуживания и восстановления образца.

В соответствии с ГОСТ РВ 20.57.304 для опытных образцов вновь разработанных технических систем нормальные испытания на надежность при приемлемых затратах являются предпочтительными.

Нормальные испытания как правило ведут внутри допустимых пределов эксплуатации изделий. В то время, как ускоренные требуют выхода за эти пределы, что должно существенно убыстрить процесс изменения свойств (их деградации). Однако, в этом случае необходимы глубокая проработка физических процессов, происходящих при выходе за пределы.

Данное положение предполагает использование или хранение опытных образцов при комбинированном воздействии (то есть при определенном сочетании) внешних воздействующих факторов, предельные значения которых не превышают допустимых норм.

В рассматриваемом случае опытные образцы должны размещаться на объектах ВВСТ, для функционирования в составе которых они предназначены при выполнении ими боевых (функциональных) задач. Далее в соответствии с принятой для изделия моделью эксплуатации воспроизводится и режим использования образцов по назначению.

Обслуживание должно проводиться штатными или специально подготовленными расчетами (экипажами), а транспортирование - с использованием транспортных средств общего назначения тех типов, на которых допускается перевозка изделия в соответствии с требованиями тактико-технического задания.

Преимуществом такого подхода является максимальная приближенность условий эксплуатации и использования по назначению к реально существующим. Таким образом, нормальные испытания на сохраняемость предусматривали бы закладку определенного количества образцов на длительное хранение, осуществляемое предпочтительно на климатической станции, размещенной в заданном климатическом поясе, или (с учетом практического отсутствия таких станций в войсках) на базе хранения.

При этом долговечность и сохраняемость большинства изделий ВВСТ (календарные сроки службы, хранения) может исчисляться десятком и более лет.

Становится очевидным, что основным недостатком нормальных испытаний является длительность оценки отдельных ПН, в частности показателей долговечности и сохраняемости. В некоторых случаях она сопоставима со сроками морального старения изделия, что зачастую ставит под сомнение целесообразность их проведения. По этой причине оценка таких видов ПН, как долговечность и сохраняемость возможна практически только ускоренными методами.

При переходе от нормальных к ускоренным испытаниям мы фактически неявно вводим фактор времени. В результате продолжительность ускоренных испытаний должно быть в определенном соотношении с длительностью хранения, сроком морального устаревания изделия, временем воздействия запредельных факторов и т.д.

Важным при планировании проведения ускоренных испытаний является предварительный анализ «узких мест» (наименее надёжных узлов сложных изделий), особенно тех, которые отмечены в ходе проведения ОКР и на этапе изготовления изделия.

Кроме того, на решение о выборе проведения форсированных или нормальных испытаний влияют цена изделия и его серийность.

Ускорение испытаний в рассматриваемом случае может быть достигаться за счет интенсификации деградиационных процессов, происходящих в конструкционных материалах и элементах изделия и приводящих к выходу этих характеристик за допустимые пределы. В итоге наблюдается переход образца в состояние отказа или в предельное состояние, момент которого фиксируется на испытаниях.

Интенсификация деградиационных процессов достигается за счет увеличения степени жесткости внешних воздействующих факторов, доминирующих в процессах изменения физических и химических свойств конструкционных материалов (элементов). Соответственно, уровень воздействия доминирующего фактора должен превышать его предельное значение для нормальных условий эксплуатации (хранения). Такие испытания называются форсированными.

Для реализации данного подхода организуются исследования по определению кинетической зависимости изменения основных показателей технического (качественного) состояния составных частей или материалов изделия при их старении оттого или иного внешнего фактора. Наличие соответствующей зависимости обеспечивает в том числе возможность прогнозирования изменения того или иного показателя изделия на заданном временном интервале [1].

Очевидно, что организация и осуществление подобных исследований требуют глубокого изучения физики процессов, происходящих в тех или иных конструкционных материалах или элементов.

Для случая конструктивно сложных изделий проводится предварительный поиск и выявление наименее стойких к хранению составных частей узлов. В их конструкции проводится поиск и выявление наименее стойких к хранению элементов и (или) материалов.

На основе их последующих испытаний определяется кинетическая зависимость изменения тех или иных свойств, параметров от величины внешнего воздействующего фактора. С этой целью отбирается необходимое количество опытных образцов. Перечень воздействующих на них климатических факторов, время их воздействия и степень интенсивности определяются экспертной группой, исходя из установленных условий хранения изделия. Для полимерных и других конструкционных материалов перечень факторов рекомендуется определять в соответствии с ГОСТ Р 51910 и ГОСТ 9.707.

Опытные образцы подвергаются воздействию того или иного фактора, действующего обособленно или в присутствии других факторов, с различными количественными уровнями его воздействия.

При этом через заданные интервалы времени проводится съем образцов для контроля изменения основных показателей технического (качественного) состояния элементов и (или) материалов в сравнении с их исходными значениями.

Исходное значение показателей технического (качественного) состояния, а также их значение на каждом из съёмов оценивается в соответствии со стандартами на метод определения показателя. Полученные результаты обрабатываются статистическими методами с определением зависимости каждого показателя от длительности воздействия того или иного фактора.

Рекомендуемый порядок установления данной зависимости для полимерных материалов в соответствии с ГОСТ 9.707. Она используется для разработки цикла ускоренного старения изделия, имитирующего период (как правило, один год) хранения образцов в натуральных условиях или эксплуатации.

Исходя из вышеизложенного, форсированный метод является зачастую единственным приемлемым методом, обеспечивающий возможность оценки фактического значения показателей сохраняемости и долговечности по календарному сроку, а также контроля соответствия данных ПН установленным требованиям.

В целом, ускоренные испытания проводятся, когда нормальные испытания по технико-экономическим соображениям проводить затруднительно (при дефиците времени, испытываемых образцов, испытательного оборудования и т.п.).

Понятие ускоренной оценки применимо также и к показателям ремонтпригодности. При нормальных условиях организация их определения (контроля) предполагает функционирование изделия в штатном режиме с регистрацией времени устранения возникающих отказов.

В случае если изделие является высоконадежным, а сроки его эксплуатации или израсходованный ресурс относительно невелики (иными словами, опытные образцы являются новыми), необходимый набор статистики по отказам может занять длительное и, что еще важнее, плохо прогнозируемое время. Анализ результатов испытаний различных видов ВВСТ, в частности вооружения и средств радиационной, химической и биологической защиты, разработанных в рамках Государственного оборонного заказа за последнее десятилетие, показал, что оценка ремонтпригодности никогда не выполнялась нормальным методом.

Применительно к рассматриваемому виду ПН ускорение испытаний может быть достигнуто за счет искусственного внесения отказов на основе априорной информации о неисправностях опытных образцов, зарегистрированных в ходе ОКР, а также изделий-аналогов. В том случае, когда по каким-либо причинам и этот подход оказывается трудно реализуем, отказы могут имитироваться.

Однако применение такого подхода сопряжено с возникновением определенных трудностей. Основная из них заключается в отсутствии априорной информации о видах отказов, характерных для данной технической системы, и их интенсивности. Получение данной информации в некоторых исследованиях предлагается осуществлять методом моделирования в том числе на основе поиска связи между надежностью отдельных элементов системы и схемно-конструктивным построением изделия [2].

Надежность отдельных элементов, как правило, известна заранее. Математические зависимости надежности схемы при различном сочетании элементов широко известны теории и практике надежности. При наличии соответствующих данных осуществляется многократное моделирование процесса функционирования исследуемого изделия на основе прогнозирования наиболее вероятных отказов. При каждой реализации процесса использования по назначению производится расчет наиболее вероятного отказа и, следовательно, определение элементов, отдельных блоков или узлов, подлежащих замене для восстановления отказавшего образца.

При имитации отказов предварительно обученным обслуживающим персоналом выполняется предусмотренный перечень мероприятий по восстановлению, включающий операции по поиску причины отказа (диагностику), замене отказавшей составной части, считающейся неисправной, настройке и регулировке, а также по проверке работоспособности после проведенного ремонта.

Данный подход вполне оправдан в следующих случаях:

- при испытаниях высоконадежных изделий;
- при оценке ремонтпригодности ВВСТ, мелкосерийных или уникальных;
- при испытаниях дорогостоящих изделий.

Следует отметить, что подход к оценке ремонтпригодности путем искусственного внесения и (или) имитации отказов не исключает использование в ходе анализа полученного статистического материала данных по времени восстановления тех отказов, которые реально произошли во время испытаний по восстановлению или в ходе других испытаний. В этом случае если оценка ремонтпригодности осуществлялась по заранее разработанному плану (по количеству восстанавливаемых отказов), в ходе последующего анализа предпочтение отдается реально зафиксированным ОТКАЗАМ.

Как правило, подобное моделирование осуществляется с использованием ЭВМ. Основным недостатком данного подхода является то, что он вносит в оценку показателя надежности случайную ошибку, связанную с конечным числом моделируемых экспериментов [3].

Еще одним принципом ускорения испытания является сокращение вплоть до полного исключения отдельных периодов в типовом режиме применения (эксплуатации). Данный подход широко применяется при оценке безотказности и долговечности (по ресурсу). Режим использования по назначению, а также периодичность и объемы работ по техническому обслуживанию и ремонту при этом остаются неизменными и полностью соответствуют

нормальным условиям эксплуатации. Сокращению подлежат, как правило, периоды ожидания применения, длительность которых в нормальных условиях может достигать нескольких месяцев и даже лет.

Важно лишь учитывать, что периоды нахождения образца в выключенном состоянии могут быть обусловлены функциональными особенностями его конструкции. В этой связи, периодическое отключение может быть необходимым, например, для охлаждения подверженных нагреву элементов конструкции, для затухания электромагнитных возмущений в цепях и др. В этом случае длительность минимального периода от момента выключения и включения в обязательном порядке согласовывается с заказчиком.

Исходя из вышеизложенного, рекомендации по применению методов оценки надежности в ходе разработки и производства ВВСТ представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Рекомендации по применению методов оценки надежности в ходе разработки и производства ВВСТ

Степень жизненного цикла	Виды показателей надежности				Сохраня-емость
	Безотказность (комплексных)	Ремонто- пригодность	Долговечность		
			По ресурсу	По календар- ному сроку	
<b>Разработка</b>					
Этапы разработки до предварительных испытаний включительно	нормальные, при недостатке статистических данных к моменту начала предварительных испытаний - ускоренные		нормальные, при значениях ресурса, превышающих длительность этапов ОКР - ускоренные	ускоренные (форсированные)	
Государственные испытания	при оценке надежности по результатам испытаний по назначению, стойкости к внешним воздействиям и др. – нормальные, при самостоятельных испытаниях - ускоренные	ускоренные	ускоренные	ускоренные	
<b>Производство</b>					
Приемочные испытания (контроль при производстве)	нормальные или ускоренные	обычно не проводятся	нормальные или ускоренные	обычно не проводятся	
Подконтрольная эксплуатация	нормальные				

В целом, анализ опыта участия в разработке и испытаниях ВВСТ показывает, что использование ускоренного метода оценки ПН является не только допустимым, но в ряде случаев единственным способом получения информации о надежности изделия в приемлемые сроки. Это позволяет рекомендовать его к использованию в ходе опытно-конструкторских работ, а также при проведении государственных испытаний.

Таким образом, применение ускоренных методов испытаний ВВСТ с учетом сокращенных сроков выполнения ОКР целесообразно практически для всех видов показателей надежности. На этапе государственных испытаний данные методы являются фактически

единственно приемлемыми с точки зрения своевременного получения информации о надежности изделия и принятия решения о его соответствии предъявляемым требованиям. То же самое касается серийного производства при контроле надежности выпускаемой партии изделия нормальные испытания. Применение нормальных методов наиболее целесообразно при невысоком количественном уровне устанавливаемых требований, а также после государственных испытаний при организации подконтрольной (опытной, штатной) эксплуатации с целью уточнения ПН или их оценки, которая по каким-либо причинам на этапе разработки не проводилась или не была завершена.

### Библиография

- 1 Меламедов И.М. Физические основы надежности / И. М. Меламедов.-Л.: «Энергия» Ленинградское отделение, 1970. -151 с.
- 2 Голинкевич Т.А. Прикладная теория надежности / Т. А. Голинкевич.-М.: «Высшая школа», 1977.-158 с.
- 3 Дзиркал Э.В. Задание и проверка требований к надежности сложных изделий [Текст] / Э. В. Дзиркал.-М: Радио и связь, 1981.-176 с.

УДК 359: 623.827.039

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДЕЗАКТИВАЦИИ В ВОЕННО-МОРСКОМ ФЛОТЕ

**Михайленко В.С.** научный сотрудник, e-mail: vamih60@yandex.ru,  
**Кириллова Н.В.** научный сотрудник, **Кича М.А.** младший научный сотрудник – Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова»

**Аннотация.** Статья посвящена основным современным методам и средствам дезактивации, используемым в Военно-Морском Флоте; рецептурам, которые применяются при различных видах дезактивации; выбору необходимого способа и технического средства для очистки поверхностей помещений и оборудования от радиоактивных загрязнений.

**Ключевые слова:** дезактивация, радиоактивные загрязнения, средства дезактивации, рецептуры, способы дезактивации.

### MODERN METHODS AND MEANS OF DECONTAMINATION IN THE NAVY

**Mikhailenko V.S., Kirillova N.V., Kicha M.A.**

**Annotation.** The article is devoted to the main modern methods and means of decontamination used in the Navy, formulations, that are used in various types of decontamination, the choice of the necessary method and technical means for cleaning the surfaces of rooms and equipment from radioactive decontamination.

**Keywords:** decontamination, radioactive contamination, means of decontamination, formulations, decontamination methods.

Внедрение в ВМФ новых ядерных энергетических установок (ЯЭУ) и конструкционных материалов повышает необходимость и значимость процесса дезактивации как одного из главных направлений обеспечения безопасности личного состава корабля.

Дезактивация — это процесс удаления радиоактивных веществ с загрязненных поверхностей помещений и оборудования до полного их удаления или до достижения уровней, допускаемых требованиями действующих нормативных документов [1].

Дезактивация является одним из основных мероприятий по предотвращению распространения радиоактивных веществ от мест их образования по помещениям корабля и исключению попадания их внутрь организма личного состава [3]. Объектами дезактивации могут быть:

- поверхности помещений и поверхности находящегося в них оборудования;
- средства индивидуальной защиты;
- спецобувь и спецодежда;
- технические средства, используемые для нормализации радиационной обстановки.

Дезактивация также проводится при обнаружении протечек радиоактивных сред, при ремонтных работах ЯЭУ, при перезарядке ядерных реакторов и других опасных радиационных работах.

Источниками возможного радиоактивного загрязнения на кораблях с ЯЭУ ВМФ могут быть:

- теплоносители I и III контуров;
- емкости с жидкими радиоактивными отходами, контейнеры с твердыми радиоактивными отходами;
- воды хранилищ отработавших тепловыделяющих сборок;
- чехлы с отработавшими тепловыделяющими сборками;
- пробы из цистерн биологической защиты;
- пробы жидких радиоактивных отходов;
- радиоактивные выбросы и сбросы с кораблей при радиационных авариях.

Перед выполнением работ, опасных в радиационном отношении, проводят изоляцию чистых поверхностей для предотвращения их загрязнения радиоактивными веществами (РВ) с помощью штор-накидок, пластиката или защитных полимерных составов.

Удаление РВ с загрязненных поверхностей производится непосредственно после обнаружения радиоактивного заражения (РЗ).

При проведении работ могут использоваться следующие основные виды дезактивации:

- жидкостная;
- с использованием снимаемых защитных полимерных составов;
- электрохимическая;
- механическая (путем удаления поверхностного слоя).

Выбор применения какого-либо вида дезактивации зависит от масштаба радиоактивного загрязнения, а также от устройства оборудования, конструкционных материалов, лакокрасочных покрытий.

При этом следует учитывать сложность конструкций, наличие электрооборудования, контрольно-измерительных приборов, коррозионных отложений, лакокрасочных и специальных покрытий, а также массу и габариты приборов и деталей [5].

Средства дезактивации подразделяются на технические средства и вспомогательное оборудование.

В ВМФ используются следующие основные технические средства дезактивации:

- типовая стационарная система дезактивации [2];
- стационарная система дезактивации;
- комплекс «Ворса-Б» (установка безвоздушного нанесения защитного полимерного покрытия);
- комплекс «Ворса-П» (установка пневматическая нанесения защитного полимерного покрытия);
- пароэжекторное устройство;
- комплект зимний для специальной обработки;
- ранцевый корабельный дегазационный прибор;
- переносной дезактивационный прибор;
- пароэжекторный распылитель;
- устройство удаления протечек.

Кроме перечисленных технических средств, при подготовке и проведении работ по дезактивации используют вспомогательные средства:

- канистры для приготовления раствора препарата СФ-3К;
- брандспойты для обмыва поверхностей;
- комплект штор-накидок;
- расходный материал (кисти, ветошь, палубные щетки).

В зависимости от используемых средств различают следующие методы дезактивации:

- при жидкостной дезактивации:
  - струйная дезактивация с использованием переносных и стационарных средств дезактивации;
  - пароэмульсионная дезактивация с использованием пароэжекторных распылителей;
- ручной метод с использованием палубных щеток, ветоши и различных емкостей;
- при дезактивации с помощью защитных полимерных составов [6, 7]:
  - дезактивация с использованием установок «Ворса-Б» или «Ворса-П»;
  - ручной метод нанесения защитных полимерных составов с помощью малярных кистей;
- при дезактивации путем механического удаления РЗ:
  - в зависимости от материала используют абразивные инструменты,
  - пескоструйные устройства,
  - скребки, щетки, зубила, отбойные молотки, бульдозеры, лопаты и другие средства.

Механический способ наиболее прост и доступен и, как правило, используется для дезактивации техники, автотранспорта, а также когда другие способы не дают требуемого эффекта при использовании моющих средств.

При нефиксированных РЗ применяют обычно струйную дезактивацию с использованием переносных или стационарных технических средств [4].

При фиксированных РЗ с незначительными коррозионными отложениями обычно применяется пароэмульсионный метод.

В настоящее время существуют следующие основные методы дезактивации поверхностей и оборудования:

- электрохимическая дезактивация (помещение в раствор электролита, на обрабатываемую поверхность подается отрицательный или положительный потенциал);
- лазерная дезактивация (сходна с лазерной очисткой поверхности от краски, ржавчины или др.);
- ультразвуковая дезактивация (обработка ультразвуком) и др.

Для проведения дезактивационных работ используются следующие основные дезактивирующие составы и рецептуры:

- 1 %-ный водный раствор препарата СФ-3К (для дезактивации металлических и окрашенных поверхностей);
  - водный раствор 1%-ной щавелевой кислоты и 1%-ной перекиси водорода (для дезактивации металлических поверхностей, не поддающихся дезактивации раствором СФ-3К);
  - полимерные составы: защитный полимерный состав ЗПС-1МЗ (ЗПС-1М).
- Используется для дезактивации, локализации загрязнений и изоляции поверхностей помещений и оборудования.

Дезактивация может быть частичной или полной. Частичная заключается в удалении радиоактивных веществ в наиболее опасных (с точки зрения влияния на организм личного состава) местах с поверхностей, с которыми соприкасается человек. Полная заключается в абсолютном удалении радиоактивных веществ со всех поверхностей или уменьшении их зараженности до уровней, не вызывающих радиационные поражения.

Для достижения полноты дезактивации могут быть использованы несколько видов дезактивации и различные технические средства.

### **Библиография**

1. ГОСТ 20286–90. Загрязнение радиоактивное и дезактивация. Термины и определения.
2. ГОСТ В 28299–99. Системы дезактивации стационарные типовые НК с АЭУ и СО. Общие требования.
3. РКВС–90. Руководство по контролю за радиоактивным загрязнением внешней среды и внутренним облучением личного состава кораблей с ЯЭУ. М., Воениздат, 1991.
4. МУК 2.6.1.016–99. Контроль загрязнения радиоактивными нуклидами поверхностей рабочих помещений, оборудования, транспортных средств и других объектов. Методические указания. М., 1999.
5. НЯДИ.0312.00.036. Организация работ по дезактивации поверхностей оборудования, конструкций, помещений, сооружений на предприятиях Россудоостроения, осуществляющих строительство, ремонт, модернизацию и утилизацию АПЛ. Методические указания.
6. ГОСТ 19405–74. Покрyтия полимерные защитные для улучшения радиационной обстановки. Термины и определения.
7. ГОСТ В 26844–86. Покрyтия полимерные защитные для улучшения радиационной обстановки. Методы определения коэффициента дезактивации и времени защитного действия по отношению к растворам бета-излучающих радионуклидов.

УДК 54.07

## **ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТАНОВКИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ СТАЦИОНАРНОЙ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СРЕДСТВ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ОКСИДА УГЛЕРОДА И ВОДОРОДА**

**Половинкина О.Н.**, инженер, e-mail: oхmaleko@bk.ru – ООО «Судпромкомплект»  
**Кича Е.И.**, инженер, e-mail: vereshaginakate@gmail.com – ООО НПО «Гидротехпроект»  
**Кича М.А.**, младший научный сотрудник, e-mail: rulmaks@bk.ru,  
**Маловик Д.С.**, младший научный сотрудник, e-mail: dimamalovik@gmail.com,  
**Михайленко В.С.**, научный сотрудник, e-mail: vamih60@yandex.ru,  
**Зайцева В.В.**, кандидат химических наук, старший научный сотрудник,  
e-mail: viktoriarakalnis@mail.ru – Федеральное государственное казенное военное  
образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-  
Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г.  
Кузнецова»

**Аннотация.** Статья посвящена описанию основных технических характеристик установки газодинамической стационарной для создания многокомпонентных газоздушных сред с заданными значениями массовой концентрации оксида углерода и объемной доли водорода. Установка предназначена для проверки аэродинамического сопротивления фильтров, их эффективности и ресурса при испытаниях по локальной схеме очистки. Предлагаемая установка позволяет воспроизводить условия испытаний для проверки фильтров локальной и рециркуляционной очистки, работающих в относительно больших герметичных обитаемых объектах, например, в подводных лодках.

**Ключевые слова:** средства очистки воздуха, газовая смесь, воздушная среда, испытательное оборудование, эффективность, ресурс, аэродинамическое сопротивление, микропоток.

### **THE MAIN TECHNICAL SOLUTIONS AND CHARACTERISTICS OF THE GAS- DYNAMIC STATIONARY INSTALLATION USED TO TEST THE MEANS OF AIR PURIFICATION FROM CARBON MONOXIDE AND HYDROGEN**

**Polovinkina O.N., Kicha E.I., Kicha M.A., Malovik D.S., Mikhailenko V.S.,  
Zaitseva V.V.**

**Annotation.** The article is devoted to the description of the main technical characteristics of a stationary gas-dynamic installation for creating multicomponent gas-air environments with given values of the mass concentration of carbon monoxide and the volume fraction of hydrogen. The unit is designed to test the aerodynamic resistance of filters, their efficiency and service life during tests according to a local cleaning scheme. The proposed setup allows reproducing test conditions for testing local and recirculation filters operating in relatively large hermetic habitable objects, such as submarines.

**Keywords:** air purification means, gas mixture, air environment, test equipment, efficiency, service life, aerodynamic drag, microflow.

Установка газодинамическая стационарная типа УГД-1С предназначена для проведения испытаний фильтров очистки воздуха (или аналогичных им изделий) по проверке аэродинамического сопротивления, а при подключенных источниках микропотоков типа ИМП-Х – по проверке эффективности очистки от оксида углерода и (или) водорода.

Пример записи изделия в других документах: Установка типа УГД-1С, а при использовании установки с источником или источниками микропотоков: Установка типа УГД-1С-СО, Установка типа УГД-1С-Н<sub>2</sub> или Установка типа УГД-1С-СО-Н<sub>2</sub>.

Техническое средство спроектировано в инициативном порядке авторами настоящей статьи с учетом имеющихся аналогов [1, 2] и опыта по созданию подобного рода изделий.

В нормальных климатических условиях по ГОСТ 15150-69 установка в зависимости от режима применения создает поток воздушной среды с параметрами, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры создаваемых установкой воздушных сред

Наименование параметра	Значение параметра			
	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Режим 4
1. Температура, °С	фиксируется			
2. Относительная влажность, %	60 ±20	70 ±20		
3. Объемный расход воздуха <sup>(1,2,4)</sup> , м <sup>3</sup> /ч	от 50 до 100	100 ±10		
	от 100 до 800	–		
4. Объемная доля кислорода, %	фиксируется			
5. Объемная доля диоксида углерода, %	фиксируется			
6. Объемная доля водорода <sup>(5)</sup> , %	–		1,0 ±0,2	
7. Концентрация оксида углерода <sup>(1,3,6)</sup> , мг/м <sup>3</sup>	–	от 5 до 50	–	от 5 до 50
Примечания:				
1. Значение параметра приведено к температуре 20 °С и давлению 101,3 кПа.				
2. Допускаемое отклонение не более 10 % от установленного значения.				
3. Допускаемое отклонение не более 20 % от установленного значения.				
4. При аэродинамической нагрузке не более 2,0 кПа.				
5. При использовании установки с источником микропотока типа ИМП-Н <sub>2</sub> .				
6. При использовании установки с источником микропотока типа ИМП-СО.				
7. Диапазон допустимого относительного изменения параметра воздушной среды за (60 ±5) мин работы должен быть не более 50 % допускаемого отклонения параметра воздушной среды от номинального значения (для всех параметров).				

Комплектность установки приведена в таблице 2, а схема газовая и устройство установки - на рисунке (приведено для исполнения УГД-1С-СО-Н<sub>2</sub>).

Принцип создания потока воздушной среды с заданной производительностью по воздуху основан на заборе воздуха вентилятором 2 из помещения, в котором расположена установка, и подачи его на проверяемый объект через фланец выпускной 19 и соответствующий переходник типа А, Б или В (в зависимости от присоединительных размеров проверяемого фильтра) монтажного комплекта 20.

Таблица 2 – Комплектность установки типа УГД-1С-СО-Н<sub>2</sub>

Наименование изделия, номер СИ в госреестре	Обозначение документа на поставку, чертежа	Кол-во, шт
Фильтр	YYYY.061445.XXX	1
Вентилятор высокого давления Elektor HRD 1/3 T (или иной с $Q-P$ 250 м <sup>3</sup> /ч – 3 кПа)	Elektor airsystems gmbt, Германия	4
Промышленный увлажнитель воздуха ЭКОНАУ УЗ-2Е (с контроллером МКУ-4С и датчиком BOSN)	ПУУВ.001.00.00.2017 ТУ	1
Измеритель параметров микроклимата МЕТЕОСКОП-М, 32014-11*	ТУ 431110-003-18446736-11	1
Секундомер электронный «Интеграл С-01», 44154-20*	ТУ РБ 100231303.011-2002	1
Погружной расходомер SCHMIDT SS 20.500 (ВПИ 2,5 м/с, с высокоточной калибровкой), 67349-17*	SCHMIDT Technology GmbH, Германия	1
Погружной расходомер SCHMIDT SS 20.500 (ВПИ 20 м/с, с высокоточной калибровкой), 67349-17*	SCHMIDT Technology GmbH, Германия	1
Комплект для визуализации измерений погружного расходомера SCHMIDT SS	SCHMIDT Technology GmbH, Германия	1
Измеритель влажности и температуры микропроцессорный Ивиг–М. RS–K2–60, 53527-18*	ТУ 4211-029-57200730-2011	1
Газоанализатор Сенсон-М-3012-6 (O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , CO, CO, CO <sub>2</sub> ), 70770-18*	ТУ 26.51.53-002-17182181-2017	1
Источник микропотока типа ИМП-СО	XXXX.433443.001	1
Источник микропотока типа ИМП-Н <sub>2</sub>	XXXX.433443.002	1
Комплект монтажный	XXXX.XXXXXXX.XXX	1
Комплект эксплуатационных заглушек	XXXX.XXXXXXX.XXX	1
Комплект ЗИП одиночный	XXXX.XXXXXXX.XXX	1
Программное обеспечение	–	1
Руководство по эксплуатации XXXX.441372.XXXРЭ	–	1
Формуляр XXXX.441372.XXXФО	–	1

Контроль воспроизведенной производительности осуществляется прямым измерением, встроенным в установку расходомером 12 или сменным расходомером 21, устанавливаемым вместо него. Установленное при регулировке значение производительности отображается на встроенном в расходомер дисплее. Грубая регулировка производительности производится путем включения необходимого количества вентиляторов (фланцы забора воздуха 1 неиспользуемых вентиляторов при этом закрываются эксплуатационными заглушками). Тонкая регулировка производительности производится с помощью заслонки регулируемой 4 путем сброса избыточного воздуха в помещение, в котором расположена установка, через фланец выпускной 5.

Для подтверждения сопутствующих нормированных параметров созданного потока воздушной среды предусмотрены соответствующие средства контроля:

- для температуры – термометр 13;
- для относительной влажности – гигрометр 14;
- для объемной доли диоксида углерода – газоанализатор 15;
- для объемной доли кислорода – газоанализатор 16;
- для воспроизведения продолжительности условий испытаний – секундомер 24.

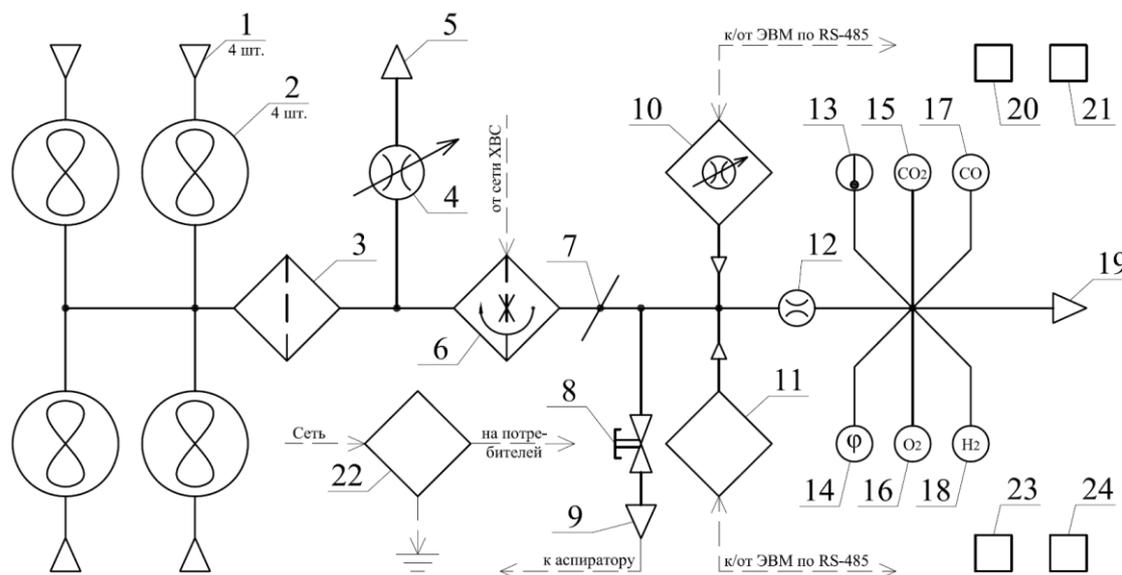


Схема газовая и устройство установки типа УГД-1С-СО-Н<sub>2</sub>:

- 1 – Фланец забора воздуха (4 шт.); 2 – Вентилятор (4 шт.); 3 – Фильтр; 4 – Заслонка регулируемая;  
 5 – Фланец выпускной; 6 – Увлажнитель воздуха с автоматическим поддержанием уровня;  
 7 – Заслонка герметичная; 8 – Кран шаровый; 9 – Ниппель; 10 – Источник микропотока оксида углерода регулируемый (подключается при необходимости); 10 – Источник микропотока водорода (подключается при необходимости); 12 – Расходомер; 13 – Датчик температуры; 14 – Датчик влажности; 15 – Газоанализатор на диоксид углерода; 16 – Газоанализатор на кислород;  
 17 – Газоанализатор на оксид углерода; 18 – Газоанализатор на водород; 19 – Фланец выпускной;  
 20 – Комплект переходников типов А, Б, В (монтажного комплекта); 21 – Сменный расходомер;  
 22 – Щит распределительный; 23 – Измеритель параметров микроклимата; 24 – Секундомер

Для защиты средств контроля и испытываемых изделий от механических примесей в созданном потоке воздушной среды предусмотрен фильтр 3 с классом очистки не хуже Н13 по ГОСТ Р ЕН 1822-1-2010.

Для непрерывного контроля нормальных климатических условий (температура, относительная влажность, барометрическое давление) в помещении, в котором расположена установка, предусмотрен измеритель параметров микроклимата 23.

Принцип создания потока воздушной среды с заданной относительной влажностью (повышенной в сравнении с той, которая имеется в помещении, в котором находится установка) основан на прохождении созданного потока через увлажнителя 6 с автоматическим поддержанием заданного уровня относительной влажности на выходе увлажнителя.

Контроль воспроизведенной относительной влажности осуществляется прямым измерением встроенным в установку гигрометром 14.

Принцип создания потока воздушной среды с заданной объемной долей водорода основан на смешении созданного потока с микропотоком газа, содержащего водород (Водород (H<sub>2</sub>) марка

А 4.0, объемная доля водорода не менее 99,99 %), который создается источником микропотока 11. Микропоток нормирован по содержанию водорода и объемному расходу.

Контроль воспроизведенной объемной доли водорода осуществляется прямым измерением встроенным в установку газоанализатором 18. Управление воспроизведением объемной доли водорода осуществляется через сервисное меню источника микропотока. Тонкая регулировка объемной доли водорода производится при необходимости путем увеличения/уменьшения объемного расхода микропотока на 5 %, 10 % или 15 %. Запись воспроизведенных источником микропотока параметров производится при необходимости в сервисном меню источника микропотока.

Принцип создания потока воздушной среды с заданной концентрацией оксида углерода основан на смешении созданного потока с микропотоком газа, содержащим оксид углерода (ПГС [ГСО 10531-2014, 1 разряд] монооксид углерода [CO] (0,340 %) и азот [N<sub>2</sub>] (ост.) (об. доля)), который создается источником микропотока с регулируемой производительностью 10. Микропоток нормирован по содержанию оксида углерода и объемному расходу.

Контроль воспроизведенной концентрации оксида углерода осуществляется прямым измерением встроенным в установку газоанализатором 17. Управление воспроизведением концентрации оксида углерода осуществляется через сервисное меню источника микропотока. Грубая регулировка концентрации оксида углерода производится путем установления необходимой к воспроизведению величины в сервисном меню источника микропотока. Тонкая регулировка концентрации оксида углерода производится при необходимости путем увеличения/уменьшения объемного расхода микропотока на 5 %, 10 % или 15 %. Запись воспроизведенных источником микропотока параметров производится при необходимости в сервисном меню источника микропотока.

Заслонка герметичная 7, кран шаровый 8 и ниппель 9 предназначены для обеспечения возможности проведения проверки герметичности установки.

Электропитание составных частей установки и ее комплектующих осуществляется от щита распределительного 22.

### **Заключение**

Предлагаемая установка позволяет воспроизводить отдельные условия испытаний для проверки фильтров очистки воздуха от оксида углерода и водорода, например, таких как фильтры по типу ФМК с кассетами ФК-П, перспективные фильтры фотокаталитической очистки и обеззараживания воздуха.

В связи с относительно высокой стоимостью установки целесообразно расширить область ее применения по номенклатуре и диапазонам воспроизводимых условий испытаний, а также по номенклатуре испытываемых фильтров.

### **Библиография**

1. Основные технические решения и характеристики газодинамической установки для создания многокомпонентных газоздушных сред, используемой для проверки средств очистки воздуха / В. В. Зайцева, М. А. Кича, Д. С. Маловик [и др.] // Вестник МАНЭБ. – 2021. – Т. 26. – № 3. – С. 49-53.
2. Установка газодинамическая ГДУ: Описание типа. – М.: ОАО ФНТЦ «Инверсия», 2008. – 5 с.

УДК 54.07

## **ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ УСТАНОВКИ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ СТАЦИОНАРНОЙ, ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СРЕДСТВ РЕЦИРКУЛЯЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА МАЛЫХ ГЕРМООБЪЕКТОВ ОТ ОКСИДА И ДИОКСИДА УГЛЕРОДА**

**Половинкина О.Н.**, инженер, e-mail: oxmaleko@bk.ru – ООО «Судпромкомплект»  
**Кича Е.И.**, инженер, e-mail: vereshaginakate@gmail.com – ООО НПО «Гидротехпроект»  
**Кича М.А.**, младший научный сотрудник, e-mail: rulmaks@bk.ru,  
**Маловик Д.С.**, младший научный сотрудник, e-mail: dimamalovik@gmail.com,  
**Михайленко В.С.**, научный сотрудник, e-mail: vamih60@yandex.ru,  
**Зайцева В.В.**, кандидат химических наук, старший научный сотрудник,  
e-mail: viktoriparakalnis@mail.ru – Федеральное государственное казенное военное  
образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-  
Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза  
Н. Г. Кузнецова»

**Аннотация.** Статья посвящена описанию основных технических характеристик установки газодинамической стационарной для создания многокомпонентных газоздушных сред с заданными значениями поступления в них оксида и диоксида углерода. Установка предназначена для проверки аэродинамического сопротивления фильтров, их эффективности и ресурса при испытаниях по рециркуляционной схеме очистки. Предлагаемая установка позволяет воспроизводить условия испытаний для проверки фильтров рециркуляционной очистки работающих в малых герметичных обитаемых объектах, например, в спускаемых глубоководных аппаратах.

**Ключевые слова:** средства рециркуляционной очистки воздуха, газовая смесь, воздушная среда, испытательное оборудование, эффективность, ресурс, аэродинамическое сопротивление, микропоток.

## **THE MAIN TECHNICAL SOLUTIONS AND CHARACTERISTICS OF THE GAS- DYNAMIC STATIONARY INSTALLATION USED TO TEST THE MEANS OF RECIRCULATING AIR PURIFICATION OF SMALL HERMETIC OBJECTS FROM CARBON MONOXIDE AND DIOXIDE**

**Polovinkina O.N., Kicha E.I., Kicha M.A., Malovik D.S., Mikhailenko V.S.,  
Zaitseva V.V.**

**Annotation.** The article is devoted to the description of the main technical characteristics of a stationary gas-dynamic installation for creating multicomponent gas-air environments with specified values of carbon monoxide and carbon dioxide inflow into them. The unit is designed to test the aerodynamic resistance of filters, their efficiency and service life during tests according to the recirculation cleaning scheme. The proposed installation allows you to reproduce test conditions for testing recirculation filters operating in small hermetic habitable objects, for example, in deep-sea descent vehicles.

**Keywords:** means of recirculating air purification, gas mixture, air environment, test equipment, efficiency, service life, aerodynamic drag, microflow.

Установка газодинамическая стационарная типа УГД-1РС предназначена для проведения испытаний средств рециркуляционной очистки воздуха (рециркуляционных фильтров) или аналогичных им изделий по проверке аэродинамического сопротивления, а при подключенных источниках микропотоков типа ИМП-Х – по проверке эффективности очистки от оксида и (или) диоксида углерода.

Пример записи изделия в других документах: Установка типа УГД-1РС, а при использовании установки с источником или источниками микропотоков: Установка типа УГД-1РС-CO, Установка типа УГД-1РС-CO<sub>2</sub> или Установка типа УГД-1РС-CO-CO<sub>2</sub>.

Техническое средство спроектировано в инициативном порядке авторами настоящей статьи с учетом имеющихся аналогов [1, 2] и опыта по созданию подобного рода изделий.

Установка типа УГД-1РС в зависимости от режима применения создает поток воздушной среды с параметрами, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры создаваемых установкой воздушных сред

Наименование параметра	Значение параметра			
	Режим 1	Режим 2	Режим 3	Режим 4
1. Температура, °С	фиксируется			
2. Относительная влажность, %	фиксируется			
3. Объемный расход воздуха <sup>(1,3,4)</sup> , м <sup>3</sup> /ч	от 10 до 50			
4. Объемная доля кислорода, %	фиксируется			
5. Объемный расход диоксида углерода в воздушную среду <sup>(2,5)</sup> , л/ч	–	от 4 до 60	–	от 4 до 60
6. Расчетный массовый расход оксида углерода в воздушную среду <sup>(3,6)</sup> , мг/ч	–	–	от 2 до 30	от 2 до 30
Примечания: 1. Значение параметра приведено к температуре 20 °С и давлению 101,3 кПа. 2. Допускаемое отклонение не более 5 % от установленного значения. 3. Допускаемое отклонение не более 10 % от установленного значения. 4. При аэродинамической нагрузке не более 0,6 кПа. 5. При использовании установки с источником микропотока типа ИМП-CO <sub>2</sub> . 6. При использовании установки с источником микропотока типа ИМП-CO. 7. Диапазон допустимого относительного изменения параметра воздушной среды за (60 ±5) мин работы должен быть не более 50 % допускаемого отклонения параметра воздушной среды от номинального значения (для всех параметров).				

Комплектность установки приведена в таблице 2, а схема газовая и устройство установки на рисунке (приведено для исполнения УГД-1РС-CO-CO<sub>2</sub>).

Принцип создания потока воздушной среды с заданной производительностью по воздуху основан на заборе воздуха через фланец забора воздуха 1 вентилятором 2 из термобарокамеры, в которой расположена установка, и подачи его через проверяемый объект установленный в поз. 17 и фланец выпускной 20 обратно в термобарокамеру. Когда пропускание через объект испытаний воздушной среды недопустимо, выход установки на установившейся режим производится не через объект испытаний, а через заслонку регулирующую 18, выставленную на

аэродинамическое сопротивление объекта испытаний с помощью манометра дифференциального 19. Объект испытаний при этом изолируется от потока воздуха заслонками герметичными 16.

Таблица 2 – Комплектность установки типа УГД-1РС-СО-СО<sub>2</sub>

Наименование изделия, номер СИ в госреестре	Обозначение документа на поставку, чертежа	Кол-во, шт
Вентилятор высокого давления Elektor RE 10 (или иной с $Q-P$ 60 м <sup>3</sup> /ч – 1 кПа)	Elektor airsystems gmbt, Германия	1
Измеритель параметров микроклимата МЕТЕОСКОП-М, 32014-11*	ТУ 431110-003-18446736-11	1
Секундомер электронный «Интеграл С-01», 44154-20*	ТУ РБ 100231303.011-2002	1
Погружной расходомер SCHMIDT SS 20.500 (ВПИ 2,5 м/с, с высокоточной калибровкой), 67349-17*	SCHMIDT Technology GmbH, Германия	1
Комплект для визуализации измерений погружного расходомера SCHMIDT SS	SCHMIDT Technology GmbH, Германия	1
Измеритель влажности и температуры микропроцессорный Ивит-М.РС-К2-60, 53527-18*	ТУ 4211-029-57200730-2011	1
Газоанализатор Сенсон-М-3012-5 (О <sub>2</sub> , СО, СО, СО <sub>2</sub> , СО <sub>2</sub> ), 70770-18*	ТУ 26.51.53-002-17182181-2017	1
Манометр дифференциальный цифровой ДМЦ-01М, 15594-12*	ТУ 4212-002-40001819-98	1
Источник микропотока типа ИМП-СО	XXXX.433443.001	1
Источник микропотока типа ИМП-СО <sub>2</sub>	XXXX.433443.002	1
Комплект монтажный	XXXX.XXXXXXX.XXX	1
Комплект эксплуатационных заглушек	XXXX.XXXXXXX.XXX	1
Комплект ЗИП одиночный	XXXX.XXXXXXX.XXX	1
Программное обеспечение	–	1
Руководство по эксплуатации XXXX.441372.XXXРЭ	–	1
Формуляр XXXX.441372.XXXФО	–	1

Контроль воспроизведенной производительности осуществляется прямым измерением, встроенным в установку расходомером 10. Установленное при регулировке значение производительности отображается на встроенном в расходомер дисплее. Тонкая регулировка производительности производится с помощью заслонки регулируемой 3 путем сброса избыточного воздуха в термобарокамеру, в которой расположена установка, через фланец выпускной 4.

Для подтверждения сопутствующих нормированных параметров созданного потока воздушной среды предусмотрены соответствующие средства контроля:

- для температуры – термометр 11;
- для относительной влажности – гигрометр 12;
- для объемной доли кислорода – газоанализатор 13;
- для воспроизведения продолжительности условий испытаний – секундомер 23.

Для непрерывного контроля климатических условий (температура, относительная влажность, барометрическое давление) размещения средств измерения установки, предусмотрен измеритель параметров микроклимата 22.

Принцип создания потока воздушной среды с заданным поступлением в очищаемую воздушную среду диоксида углерода основан на автоматической подаче диоксида углерода высокой чистоты (диоксид углерода высший сорт по ГОСТ 8050-85, объемная доля основного компонента – не менее 99,8 %) из баллона под давлением с объемным расходом равным требуемому, который создается источником микропотока с регулируемой производительностью 8. Микропоток нормирован по содержанию диоксида углерода и объемному расходу.

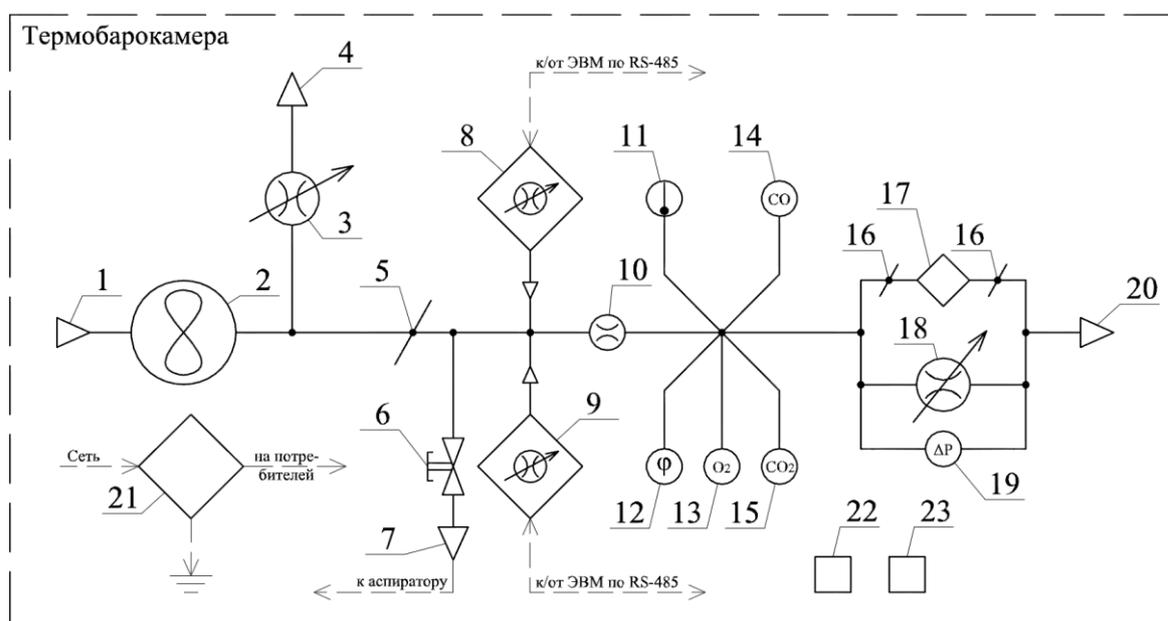


Схема газовая и устройство установки типа УГД-1РС-CO-CO<sub>2</sub>:

- 1 – Фланец забор воздуха; 2 – Вентилятор; 3 – Заслонка регулируемая; 4 – Фланец выпускной; 5 – Заслонка герметичная; 6 – Кран шаровый; 7 – Ниппель; 8 – Источник микропотока оксида углерода регулируемый (подключается при необходимости); 9 – Источник микропотока диоксида углерода (подключается при необходимости); 10 – Расходомер; 11 – Датчик температуры; 12 – Датчик влажности; 13 – Газоанализатор на кислород; 14 – Газоанализатор на оксид углерода; 15 – Газоанализатор на диоксид углерода; 16 – Заслонка герметичная; 17 – Место для установки объекта испытаний; 18 – Заслонка регулируемая; 19 – Манометр дифференциальный; 20 – Фланец выпускной; 21 – Щит распределительный; 22 – Измеритель параметров микроклимата; 23 – Секундомер

Объемный расход диоксида углерода обеспечивается и контролируется регулятором расхода газа F-201CV-2K0-MAD-33-V Серия EL-FLOW номер по госреестру 64700-16, входящего в состав источника микропотока. Управление объемным расходом диоксида углерода осуществляется через сервисное меню источника микропотока. Запись воспроизведенных источником микропотока параметров производится при необходимости в сервисном меню источника микропотока.

Принцип создания потока воздушной среды с заданным поступлением в очищаемую воздушную среду оксида углерода основан на автоматической подаче газа содержащего оксид углерода (ПГС [ГСО 10530-2014, 0 разряд] монооксид углерода [CO] (430 ppm) и азот [N<sub>2</sub>] (ост.) (об. доля)) из баллона под давлением с объемным расходом эквивалентным требуемому, который создается источником микропотока с регулируемой производительностью 9. Микропоток нормирован по содержанию оксида углерода и объемному расходу.

Объемный расход азота, содержащего оксида углерода обеспечивается и контролируется регулятором расхода газа F-201CV-2K0-MAD-33-V Серия EL-FLOW номер по госреестру 64700-16, входящего в состав источника микропотока. Управление объемным расходом азота, содержащего оксида углерода осуществляется через сервисное меню источника микропотока с учетом ввода данных о фактическом содержании оксида углерода в соответствии с паспортом на ПГС. Запись воспроизведенных источником микропотока параметров производится при необходимости в сервисном меню источника микропотока

Заслонка герметичная 5, кран шаровый 6 и ниппель 7 предназначены для обеспечения возможности проведения проверки герметичности установки.

Электропитание составных частей установки и ее комплектующих осуществляется от щита распределительного 21.

### **Заключение**

Предлагаемая установка позволяет воспроизводить отдельные условия испытаний для проверки фильтров работающих в малых герметичных обитаемых отсеках, например, в глубоководных аппаратах.

### **Библиография**

1. Основные технические решения и характеристики газодинамической установки для создания многокомпонентных газоздушных сред, используемой для проверки средств очистки воздуха / В. В. Зайцева, М. А. Кича, Д. С. Маловик [и др.] // Вестник МАНЭБ. – 2021. – Т. 26. – № 3. – С. 49-53.
2. Установка газодинамическая ГДУ: Описание типа. – М.: ОАО ФНТЦ «Инверсия», 2008. – 5 с.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 631.6.02

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УТИЛИЗИРОВАННЫХ АВТОПОКРЫШЕК ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ КОНСОЛЬНОГО ГОЛОВНОГО ОВРАЖНОГО ПРОТИВОЭРОЗИОННОГО СООРУЖЕНИЯ

**Габиров Ф.Г.**, доктор технических наук, старший научный сотрудник Азербайджанского научно-исследовательского института строительства и архитектуры, г.Баку, [farchad@yandex.ru](mailto:farchad@yandex.ru)  
**Зейналов А.З.**, директор ООО «Geo Engineering», г. Баку, Азербайджан

**Аннотация.** Предложена новая конструкция в виде консольного перепада, под которым установлен гаситель энергии водного потока. Гаситель выполнен водопропускной башни с водосливными отверстиями, которая заполнена фильтрующим материалом. Водонапорная башня выполнена из одностипных утилизированных покрышек. Башня укреплена на фундаменте, выполненным из утилизированной автопокрышки, диаметр которой превышает диаметр башни.  
**Ключевые слова:** овраг, эрозия, конструкция, утилизированная автопокрышка, гаситель, башня, фундамент.

### USE OF RECYCLED TIRES IN THE CONSTRUCTION OF A CANTILEVER HEAD GULLY ANTI-EROSION STRUCTURE

**Gabibov F.G., Zeynalov A.Z.**

**Abstract.** A new design is proposed in the form of a cantilever drop, under which a water flow energy extinguisher is installed. The extinguisher is made of a culvert tower with spillways, which is filled with filter material. The water tower is made of the same type of recycled tires. The tower is reinforced on a foundation made of recycled tires, the diameter of which exceeds the diameter of the tower.

**Key words:** ravine, erosion, construction, recycled tire, extinguisher, tower, foundation.

Для борьбы с овражной эрозией используются головные гидротехнические сооружения, которые могут быть самыми разнообразными как по конструкции, так и по материалам, из которых их строят.

Тип гидротехнического сооружения в вершине оврага зависит от многих факторов: рельефа местности, глубины оврага, площади водосбора, долговечности сооружения и т.д. Эти же факторы учитываются при выборе строительных материалов.

Вершинные гидротехнические сооружения должны предотвратить дальнейшее развитие оврагов. Стремление к удешевлению сбросных сооружений привело к мысли об устройстве консольных перепадов, или консолей, сущность которых состоит в сбросе воды с большими горизонтальными скоростями непосредственно на грунт.

Падая с консоли вниз, струя воды, взаимодействуя с грунтом, образует воронку. Размеры воронки зависят от эрозии падающей струи и рода грунта. Стабилизация воронки размыва заканчивается тогда, когда она по вертикальным и плановым размерам достигает величины, обеспечивающей гашение в толще воды энергии падающей струи. В слабых грунтах воронки

размыва достигают значительных размеров. Поэтому без специальной защиты от размываемой падающей струи консоли на глинистых и песчаных грунтах не применяют [1].

В настоящее время предложены отдельные консольные конструкции для борьбы с овражной эрозией, устраиваемые в регионах с размываемыми дисперсными грунтами.

Среди этих конструкций можно отметить устройство для борьбы с овражной эрозией, содержащее консольный подвесной перепад, выполненный в виде открытого с обоих концов желоба, установленный под ним гаситель энергии водного потока, выполненный в виде водопропускной башни с водосливными отверстиями в нижней части, которая заполнена некапиллярным фильтрующим материалом и закреплена на фундаменте заглубленном до уровня дна оврага, и отсыпанной на дне оврага дренажной подушки [2].

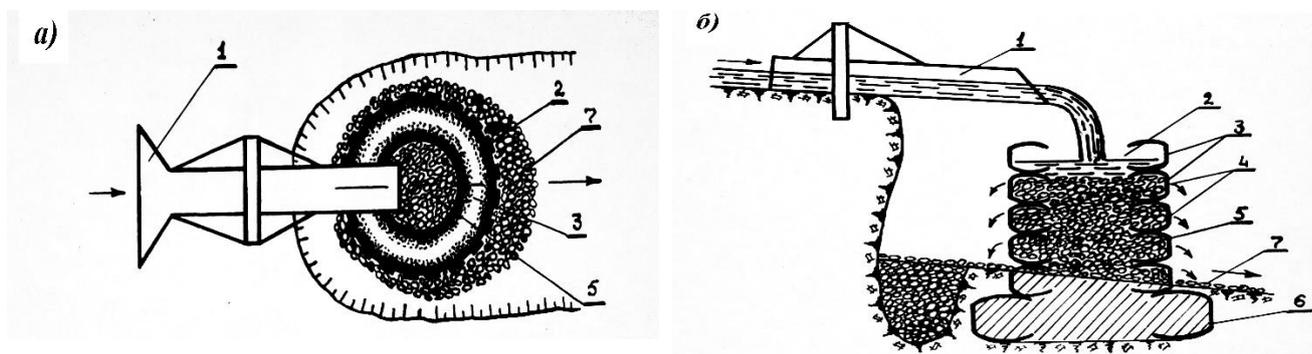
Но надо отметить, что данная конструкция обходится дорого, т.к. необходимо возводить монолитный железобетонный фундамент и изготавливать железобетонную башню. Кроме этого данная конструкция подвергается кавитационным воздействиям от падающего турбулентного водного потока. В результате образующихся повреждений и трещин в железобетонных элементах развивается коррозия арматуры.

В современных условиях весьма перспективно использование отходов в виде утилизированных автопокрышек при конструировании природоохранных сооружений, в том числе противозэрозийных [3].

Авторами разработана новая консольная конструкция для борьбы с овражной эрозией (см. рис.1).

Новая консольная конструкция для борьбы с овражной эрозией состоит из консоли 1, водопропускной башни 2, которая сложена из однотипных утилизированных автопокрышек 3. В нижней части водонапорной башни 2 имеются водосливные отверстия 4, а внутри башня заполнена фильтрующим материалом 5. Башня установлена на фундаменте 6, выполненном из утилизированной автопокрышки большего размера, чем размер автопокрышек башни. На дне оврага отсыпана щебне-гравийная дренажная подушка 7 [4].

В вершине оврага устанавливают консольный подвесной перепад 1, переводящий поток воды в водопропускную башню.



**Рисунок 1.** Конструкция головного овражного противозэрозийного сооружения:

а) вид сверху; б) продольный разрез.

Башня 2 изготавливается из одинаковых утилизированных автопокрышек 3 с металлокордом, например, например с внешним диаметром 108 см, диаметром внутреннего отверстия 52 см и шириной протектора 32 см. Перед сборкой башни 2 в основание конструкции

в специально вырытую выемку устанавливается горизонтально фундамент 6 из утилизированной автопокрышки, например, с внешним диаметром 150 см, диаметром внутреннего отверстия 95 см и шириной протектора 34 см.

К фундаменту после засыпки его полости грунтом жестко прикрепляется нижняя крышка башни 2, например, при помощи металлических скоб. Затем остальные утилизированные автопокрышки 3 водонапорной башни 2 последовательно прикрепляют друг к другу, например, металлическими скобами. Выемка с расположенным там фундаментом 6 засыпается грунтом до уровня дна оврага. Крышки 3 в нижней части башни 2 перфорируются, причем количество отверстий 4 в башне 2 рассчитывается исходя из необходимости пропуска стока 3-5 % - ным вероятностным превышением. Башня заполняется до определенного уровня фильтрующим дренажным материалом 5, например, щебне-гравийной смесью.

Для защиты фундамента от размыва струями, поступающими из водосливных отверстий, вокруг него и вниз по водотоку устраивают дренажную подушку 7 из фильтрующего материала, например, щебне-гравийной смеси.

Специфические геометрическая форма и механические свойства утилизированных автопокрышек с металлокордом позволяют изготовить башню наиболее простым образом из утилизированных отходов, причем такая башня отличается устойчивостью и демпфирующей способностью. Выполнение фундамента из утилизированной автопокрышки со строго ограниченными размерами также позволяет наиболее простым образом укрепить башню на грунтовом основании, причем специфическая форма утилизированной автопокрышки будет способствовать наиболее эффективной анкерровке башни в грунте. Специфические механические свойства утилизированной автопокрышки с металлокордом придают фундаменту конструкции новое свойство, заключающееся в демпферном гашении колебаний башни.

Технико-экономическая эффективность разработанной конструкции заключается в том, что для изготовления башни и фундамента используются отходы, которые позволяют изготовить гаситель противозерозионной конструкции непосредственно на месте строительства. В среднем утилизированные автопокрышки с металлокордом в открытой местности без замены можно использовать 45-50 лет. Предложенная конструкция обходится в 15-20 раз дешевле железобетонной.

### Библиография

1. Степанов П.М., Овчаренко И.Х., Захаров П.С. Гидротехнические противозерозионные сооружения. М.: Колос, 1980, 144 с.
2. Зыков И.Г., Антонов В.И. Устройство для борьбы с овражной эрозией. Авторское свидетельство СССР на изобретение №1475497, 1989.
3. Габибов Ф.Г., Мамедли Р.А., Оджагов Г.О., Баят Х.Р., Габибова Л.Ф. Научно-технические и экономические основы использования утилизированных автопокрышек при решении отдельных проблем инженерной геоэкологии. Сборник трудов юбилейной конференции, посвященной 80-летию кафедры механики грунтов, оснований и фундаментов, 110-летию Н.А.Цытовича, 100-летию со дня рождения С.С.Иялова. М.: МГСУ, 2010, с. 151-156.
4. Габибов Ф.Г. и др. Устройство для борьбы с овражной эрозией. Патент Азербайджанской Республики на изобретение № i 2014 0010, 2014.

УДК 504

## АНАЛИЗ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННЫХ ШИН

**Матвеев О.А.**, студент; **Раковская Е.Г.**, кандидат химических наук, доцент; **Занько Н.Г.**, кандидат технических наук, доцент. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова (СПбГЛТУ), e-mail: bjd@spbftu.ru

**Аннотация.** В настоящее время накопление изношенных шин является серьезной проблемой, так как их неправильное хранение и утилизация приводят к загрязнению окружающей среды. В статье анализируются существующие методы утилизации отработанных шин и приводятся инновационные технологии их переработки.

**Ключевые слова:** отработанные шины, утилизация, физические и химические методы переработки, новые технологии.

## NORMALIZATION TOOLS OF THE GAS-AIR ENVIRONMENT NAVY'S OBJECTS AFTER A FIRE AND FIRE EXTINGUISHING BY NITROGEN FIRE EXTINGUISHING SYSTEM

**Matveev O.A., Rakovskaya E.G., Zan'ko N.G.**

**Annotation.** Currently, the accumulation of used tires is a serious problem, as their improper storage and disposal lead to environmental pollution. The article analyzes the existing methods of recycling used tires and provides innovative technologies for their processing.

**Keywords:** used tires, recycling, physical and chemical methods of processing, new technologies.

В современном мире проблема утилизации и переработки отработанных шин имеет большое значение. Изношенные шины являются огромной проблемой из-за токсичных и ядовитых компонентов, входящих в ее состав. Неправильное хранение и утилизация автомобильных покрышек загрязняет окружающую среду и наносит тем самым ей большой вред. В связи с постоянным ростом производства автомобилей, возрастает и количество производимых шин. Разложение изношенных шин занимает больше 100 лет, в результате чего возникает вопрос о их переработке. Наиболее важно выбрать такой метод, чтобы он был безопасен в экологическом и эффективен в экономическом планах.

В настоящее время все существующие методы переработки шин можно разделить на две группы - физические и химические.

Физические методы переработки резины, в свою очередь, делятся на низкотемпературные, бародеструкционные и механические. Относительно новой технологией считается озонная переработка шин.

Самым распространенным методом во всем мире является механическая переработка резины в крошку, однако такая переработка требует больших энергозатрат и оборудования, которое стоит больших денег. Полученную крошку применяют для изготовления бытовых изделий, добавок в строительный раствор, при укладке автодорог, детских и спортивных площадок. Недостатком такого метода переработки можно считать высокий уровень загрязнения остатками металла и текстиля.

Бародеструкционный метод заключается в том, что шины разрезают, измельчают, и далее в камере под высоким давлением и температурой доводят резину до текучести, отделяя от металлического корда. Основным недостатком данного метода является то, что получаемые продукты обладают низким качеством, резина теряет свойства при нагревании, металлкорд становится хрупче, помимо этого, имеет примеси резины. Поэтому данный метод применяется довольно редко.

Наиболее современной и достаточно выгодной переработкой автомобильных шин служит технология озонной переработки, заключающаяся в использовании эффекта растрескивания резины в среде, содержащей озон. Озон делает резину достаточно хрупкой, в результате чего, даже при малейшем механическом воздействии происходит ее разрушение. Резина в следствии этого просто осыпается с каркаса, а крошка измельчается и перетирается.

Основными преимуществами развития такой технологии являются: низкие затраты энергии (примерно в 5-10 раз меньше, чем механические методы переработки резины), уменьшение количества стадий переработки (что позволяет уменьшить площадь использования производственного помещения), достаточно высокое качество продуктов переработки, возможность перерабатывать не только шины, но и различные другие резиновые отходы, уменьшение различных вредных выделений при низкой температуре переработки. В настоящее время данная технология не приобрела достаточной популярности, но работа по введению такой технологии ведется. Из-за малого интереса среди инвесторов, изучение и распространение данной технологии проблематично. Однако такая новая технология переработки шин может в значительной мере конкурировать с другими методами механической переработки и даже стать более выгодной, чем существующие в данный момент. В настоящее время она позволяет получить резиновую крошку любого размера, обеспечить степень очистки от металла и текстиля до 99.5%, а также создавать инновационный продукт-резиновую крошку с поверхностной активностью (недорогое сырье для производства дорогих продуктов-термоэластопластов). Благодаря озонной технологии, получаемая крошка может являться заменителем дорогих синтетических каучуков для производства новых шин и термоэлектопластов.

К химическому методу переработки резины относятся методы с необратимым изменением структуры полимеров. В своей основе они проводятся при высокой температуре и заключаются в термическом разложении полимеров, для получения продуктов различной молекулярной массы. К такому методу относят пиролиз, сжигание и растворение.

Пиролиз представляет собой термическую переработку резины с ограничением или без доступа кислорода. Этот метод является наиболее выгодным из химических способов переработки, существующих на данный момент. Такой достаточно новый способ переработки распространен в зарубежных странах, но в России на данный момент недостаточно популярен. Основными плюсами данной технологии является достаточно невысокая стоимость оборудования, небольшое потребление энергии, отсутствие потребности большого количества работников, возможность перерабатывать все шины вне зависимости от корда. Основными же недостатками являются, в первую очередь, очень низкое качество получаемой продукции. Для улучшения характеристик продукта необходимо улучшение технологии и модернизация установок. В ходе пиролиза получают такие продукты, как пиролизный или пиролитический газ, жидкое топливо, пикарбон, металлический корд и воду. Хотя в настоящее время данный способ переработки шин многие считают недостаточно экономически рентабельной альтернативой

другим методам переработки, все же со временем, при улучшении технологий, можно добиться высокой экономической выгоды.

Метод растворения в органическом растворителе является новым и пока не имеет аналогов в мировой практике. В данном методе резиносодержащие и полимерные отходы, подвергаются растворению с помощью органического растворителя, в результате чего происходит уничтожение вредных и трудноразлагаемых отходов. В результате такой переработки получается бензиновая фракция с октановым числом 100, аналог мазута, технический углерод (который может содержать от 92 до 99% чистого углерода). В дальнейшем он направляется на облагораживание, и из него получают углеродные материалы или электропроводный углерод. Такой метод переработки является экологически чистым и безотходным, помимо этого, затраты на растворитель не слишком большие. Внедрение технологии переработки шин растворителем может принести огромную пользу как в экологическом плане (данная технология является экологически чистой из-за отсутствия отходов и летучих токсичных соединений), так и в экономическом (так как получаемая продукция пользуется спросом во многих странах).

Проблема утилизации и переработки резины и шин довольно масштабна и сложна не только в России, но и в других странах. Существует множество способов переработки шин, некоторые из которых экономичны и экологичны, но, к сожалению, еще не нашли широкого применения. В настоящее время люди используют довольно старые методы переработки автомобильных шин из-за того, что к этим методам привыкли, и они приносят достаточно неплохую прибыль. Для того чтобы внедрить новые технологии и доказать их экономическую и экологическую пользу нужно достаточно много времени. Перестройка предприятий на новые технологии будет достаточно долгой и затратной. Чтобы добиться максимальной эффективности недостаточно просто желания, для этого нужны организационные меры на государственном уровне, осуществление поддержки предприятий, которые занимаются переработкой, обсуждение проблем использованных шин, внедрение новых и экологически безопасных технологий на предприятиях.

### **Библиография**

1. Ладугин А.М. Колеса и шины. Краткий справочник. (Второй выпуск). – М.: ЗАО «КЖИ За рулем», 2003. – 144с.
2. Раковская Е.Г., Позднякова А.В., Забурдин С.Д. Инновационные технологии в экологической промышленной безопасности // Безопасность в строительстве. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2019. - С.159-162.
3. Тарасова Т.Ф., Чапалда Д.И. Экологическое значение и решение проблемы переработки изношенных автошин // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2006. - Т. 2. - № 2. - С. 130-135.

ISSN 0321-0596

УДК 551.583

## СХЕМА ПЕРЕБРОСКИ ВОДЫ ИЗ РЕКИ ОБЬ В РЕКУ ВОЛГА

**Золотарев Г.М.**, доктор технических наук, профессор. Президент Московского регионального отделения Международной Академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. E-mail: zolotg@yandex.ru

**Аннотация.** Предложена схема переброски воды из реки Обь в реку Волгу с целью предотвращения обмеления Волги и уменьшения уровня воды в Каспийском море. Из полноводной в нижнем течении реки Обь вытекает в Северный ледовитый океан огромное количество чистой пресной воды. Переброска воды в Волгу не вызовет проблем с уровнем воды в океане.

Управляемый сброс воды в Волгу обеспечит устойчивую эксплуатацию водных судов. Значительные объёмы пресной воды могут быть использованы для орошения сельскохозяйственных культур. Увеличится объём продукции Рыбохозяйства. Сохранится площадь акватории Каспийского моря.

**Ключевые слова:** переброска воды, река Обь, река Волга, эксплуатация водных судов, орошение сельхозкульту, рыбохозяйство, сохранение акватория Каспийского моря

## WATER TRANSFER SCHEME FROM THE OB RIVER TO THE VOLGA RIVER

**Zolotarev G.M.**

**Annotation.** A scheme has been proposed for transferring water from the Ob River to the Volga River in order to prevent the Volga from becoming shallow and the water level in the Caspian Sea to decrease. From the full-flowing in the lower reaches, the Ob River flows into the Arctic Ocean a huge amount of clean fresh water. The transfer of water to the Volga will not cause problems with the water level in the ocean.

Controlled discharge of water into the Volga will ensure the sustainable operation of watercraft. Significant volumes of fresh water can be used to irrigate crops. The volume of fishery production will increase. The water area of the Caspian Sea will be preserved.

**Keywords:** water transfer, the Ob River, the Volga River, the operation of watercraft, agricultural irrigation, fisheries, conservation of the Caspian Sea

В последние годы наблюдается устойчивое понижение уровня воды в Каспийском море. Гибнут рыбы из-за мелководий на нерестилищах. Обнажаются берега, особенно в восточной части моря. Особенно большой урон наблюдается из-за мелководья главной реки Волги, впадающей в Каспийское море. Обнажились берега великой русской реки Волги. Отступление воды от берегов наиболее сильным оказалось в Татарстане, Ульяновске, Астрахани, Саратовской и Самарской областях. Так жители Тольятти обнаружили, что на пляжах вблизи города вода отступила от привычной границы на 500 м. В ряде мест посреди реки образовались островки. Есть опасения, что из-за обмеления Волги с рыбалкой скоро можно будет и вовсе распрощаться. Низкий уровень воды в Волге, безусловно стоит рассматривать как экологическое бедствие. Для нереста весной рыба должна выходить на мелководье и нереститься на глубинах от 0,5 – 1,5 м.

Как раз такая глубина весной обнажается, Рыба не будет нереститься или сделает это в непригодных местах, и икра всё равно погибнет.

Из-за понижения уровня воды резко снизилась возможность водного транспорта. Появились огромные песчаные острова. Туристические корабли не могут пристать к берегу для полноценной экскурсии. Доставка грузов по реке в ряде мест полностью прекратилась. Снизилась выработка электроэнергии на гидроэлектростанциях. Народное хозяйство несёт значительные убытки.

Наибольшее обмеление Волги наблюдается в июле-августе. В то же время в низовьях реки Обь наблюдается избыток воды, которая затапливает прилегающие низинные земли. Известный заболоченный район «Васюганские болота» приводит к деградации леса товарных пород в Западной Сибири. Переброска излишней воды из низовьев реки Обь в Волгу позволяет обеспечить необходимый объём воды для водного транспорта, устойчивости туристических маршрутов по Волге. Особенно большое значение пропуск одномоментного большого объёма воды приобретает для очистки протоков в дельте Волги. Ежегодно затрачиваются значительные средства для механической очистки протоков, которые могут быть сэкономлены за счёт гидроочистки протоков. В летнее время увеличивается потребность в воде для полива сельхозугодий. Переброска воды из Оби в Волгу в это время позволит полностью снабдить сельское хозяйство прибрежных районов Волги необходимым объёмом воды.

Международная Академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности предложила следующую схему переброски воды из реки Обь в реку Волга, на которую получен патент на изобретение № 2666369 от 29 мая 2017 года, «Способ переброски воды из реки Обь в реку Волга для снабжения чистой водой засушливых районов Юга России», рисунок 1.

В низовьях реки Обь прокладывают водонапорный канал длиной 500 км., 1, от левого берега Оби до предгорьев Уральского хребта в районе истока реки Вишера, которая впадает в реку Кама. В конце канала строят каскад насосных станций, 2, для перекачки воды из реки Обь в исток реки Вишера, где строят громадное водохранилище.

На реке Вишера строят каскад гидроэлектростанций, 3, которые вырабатывают электроэнергию для снабжения насосных станций, в количестве до 50% от общей потребности в электроэнергии. 50% недостающей для насосных станций электроэнергии поставляют тепловые электростанции, работающие на попутном газе близлежащих нефтяных месторождений Западной Сибири.

Реализация способа переброски воды из реки Обь в реку Волга осуществляется следующим образом. В течение всего года насосы перекачивают воду из реки Обь в огромное водохранилище у истоков реки Вишера. В июне-августе открываются шлюзы водохранилища и сибирская вода из реки Обь через реки Вишера, Кама и Волга поступает в Каспийское море. Гидроэлектростанции на реках Вишера, Кама и Волга вырабатывают дополнительную электроэнергию для районов Европейской части России.

Вода по реке Вишера течёт в реку Кама, реку Волга и далее в Каспийское море. Сброс излишней чистой воды из реки Обь в реку Волга осушает болотистые места в Западной Сибири. В результате лучше растут хвойные деревья Сибири.

Сброс потока воды по Волге приводит к очистке донных отложений русла реки и ликвидации застойных зон. Улучшается экология для рыболовства. Обеспечивается устойчивость судоходства.



Рисунок 1 Схема переброски воды из р. Обь в р. Волга

1 – водонапорный канал; 2 - каскад насосных станций, 3 - каскад гидроэлектростанций

Становится возможным забор воды в низовьях реки для орошения засушливых земель. Увеличивается пресноводность Каспийского моря.

В настоящее время в Китайской Народной Республике осуществляют строительство 3-х (трёх) грандиозных каналов для подачи воды из многоводной реки Янцзы на юге до Северных районов Китая:

- Восточный канал длиной 1300 км от г.Цзянсу до г.Тяньцзинь. Мощность насосных станций 400 м<sup>3</sup>/сек. (12,6 млрд. м<sup>3</sup> в год.)

- Центральный канал длиной 1300 км. от г.Даньцзянксу до г.Пекина. За 5 лет через канал пропущено 30 миллиардов воды.

- Западный канал длиной 500 км. от Янцзы до Хуанхе.

Таким образом мировая практика свидетельствует о том, что для преодоления недостатка влаги в засушливых районах, необходимо строительство каналов длиной 500-1500 км.

### Библиография

1. Патент на изобретение № 2666369 «Способ переброски воды из реки Обь в реку Волгу для снабжения чистой водой засушливых районов юга России» Приоритет изобретения 29 мая 2017 года.
2. Абдураупов Р.Р. «Результаты исследований по выбору схемы водозабора из р.Обь в главный канал переброски воды». Сборник научных трудов . Проблема переброски части стока Сбирских рек в Среднюю Азию и Казахстан. Ташкент. Среднеазиатский научно-исследовательский институт ирригации им. В.Д.Журина, 1981г. выпуск 162, с. 79-82.

УДК 541.183+628.3

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА БЕЛКА СТОЧНЫХ ВОД

**Апанасенко О.А.**, кандидат химических наук., доцент, доцент кафедры химии, e-mail: olgahimik@mail.ru; **Каткова С.А.**, кандидат химических наук., доцент, зав. кафедрой химии, e-mail: mashkova\_73@mail.ru; **Жамская Н.Н.**, кандидат химических наук., профессор, доцент кафедры химии e-mail: zhamskaya@yandex.ru; **Бянкина Л.С.**, кандидат химических наук., доцент, доцент кафедры химии e-mail: lbyankina@mail.ru  
Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, г. Владивосток

**Аннотация.** Было проведено изучение минерального состава белка, полученного из сточных вод, филе рыбы минтай, бульона из минтая. Белок получали тремя способами: образец № 1 – белок, полученный по методике Вендта; образец № 2 – белок, полученный из сточных вод методом электрофлотации; образец № 3 – белок, полученный из бульона минтая. Показано, что сточные воды рыбообработывающих предприятий могут быть использованы в кормовых целях.

**Ключевые слова:** микроэлементы, макроэлементы, сточные воды, белок, концентрация, спектральный анализ, количественное содержание, минеральный состав.

## DETERMINATION OF THE MINERAL COMPOSITION OF WASTEWATER PROTEIN

**Apanasenko O. A., Katkova S.A., Jamskaja N. N., Byankina L. S.**

**Annotation.** The study of the mineral composition of protein obtained from wastewater, fillet of pollock fish, pollock broth was carried out. Protein was obtained in three ways: sample No. 1 - protein obtained by Wendt's method; sample No. 2 - protein obtained from wastewater by electroflotation; sample No. 3 - protein obtained from pollock broth. It is shown that wastewater from fish processing enterprises can be used for feed purposes.

**Keywords:** microelements, macroelements, wastewater, protein, concentration, spectral analysis, quantitative content, mineral composition

При обработке рыбы на рыбообработывающих предприятиях значительная часть химических элементов уходит в воду. Кормовые продукты, извлекаемые из сточных вод, богаты минеральными веществами.

Для нормального развития рыбы необходимы такие элементы, как кальций, кобальт, цинк, магний, калий, натрий, сера, железо, медь, йод, марганец, селен, олово и другие. Специфика накопления микроэлементов рыбами являлась предметом изучения многих исследователей [1-4]. Количественная оценка содержания элементов в морских организмах в сравнительном аспекте важна как для практических целей, так и для фундаментальной проблемы - выяснения причин формирования микроэлементного состава.

Для определения количественного содержания микроэлементов в исследуемых образцах нами был применен спектральный метод анализа. Спектральный метод анализа выполнен с использованием метода добавок [5]. Для приготовления эталонов использовали естественную основу-золу белка бросовых вод. Зола белка бросовых вод была предварительно проанализирована и найдено содержание микроэлементов, внесенных в эталоны, изготовленные

на её основе. Количественное определение микроэлементов проведено на эмиссионном спектрографе. Количественно в исследуемых образцах определены следующие элементы: магний, железо, алюминий, медь, олово, свинец, марганец, никель.

Макроэлементы, относящиеся к щелочным и щелочноземельным металлам, такие как калий, натрий, литий, кальций определены методом пламенной фотометрии на пламенном анализаторе жидкости. В основе этого метода лежит измерение интенсивности излучения элементов, растворы солей которых вводятся в газоздушное пламя.

Интенсивность излучения является количественной характеристикой и зависит от концентрации. Стандартные растворы на определяемые макроэлементы содержали искомые элементы в убывающей последовательности.

Нами проведено изучение минерального состава белка, полученного из сточных вод, филе рыбы минтай, бульона из минтая. Белок получали тремя способами:

- образец № 1 – белок, полученный по методике Вендта [6];
- образец № 2 – белок, полученный из сточных вод методом электрофлотации;
- образец № 3 – белок, полученный из бульона минтая.

Для приготовления образца № 1 сырьё измельчали, на 1 кг сырья брали 2 литра воды, перемешивали и через 15 минут доводили рН смеси до 10-11. Через 45 минут смесь перемешивали, отфильтровали и получили щелочной раствор белков и твердый остаток, который направили на получение туковой муки. К полученному щелочному раствору белков при интенсивном перемешивании постепенно прибавляли 1 н раствор соляной кислоты до рН = 5,5. При это происходит осаждение липиднобелкового комплекса, который отфильтровали. Липидный комплекс содержит 25% влаги, его обработали смесью этилового спирта и трифтортрихлорэтилена (2:1) из расчета 3 части смеси на 1 часть комплекса при температуре равной 20-25<sup>0</sup>С в течение 45 минут, а затем белки отфильтровали и промывали этиловым спиртом в соотношении 2:1 для удаления следов трифтортрихлорэтилена. После фильтрования белковый концентрат сушили под вакуумом при температуре равной 30-40<sup>0</sup>С, полученный белковый концентрат содержит, 92% протеина, неорганических веществ – 2,2%, липидов – 0,12%.

Образец белка № 2 был получен из сточных вод с помощью метода электрофлотации. Брали одну часть фарша и смешивали с тремя частями воды при 10<sup>0</sup>С, затем взбивали 2-3 минуты, отжимали на сите. Затем этот опыт повторили еще раз с полученным продуктом. Полученный белок подготовили к спектральному анализу. Для этого брали золу белка в соотношении 1:1 и растирали с этиловым спиртом (1:2) в течение 60 минут.

Образец белка № 3 получали из бульона минтая. Один килограмм минтая, обработали его на водяной бане под давлением в течение 40 минут. Из полученного бульона выделили белок по вышеописанной методике. Белок отфильтровали, подсушили в сушильном шкафу, взвесили в сыром виде. В предварительно прокаленные фарфоровые тигли поместили навеску полученного белка, сожгли при температуре 400<sup>0</sup>С, довели навеску до постоянного веса. Рассчитали зольность и подготовили пробу для спектрального анализа, разбавили пробу для пламенного анализатора.

Проанализировали пробы на макро- и микроэлементный состав. Результаты приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 Сравнительная характеристика микроэлементного состава в белках

Образец белка	Содержание элементов, мг % на сырое вещество							
	Mg	Cu	Al	Ni	Fe	Mn	Sn	Pb
Образец № 1	0,680	0,158	0,880	0,008	0,440	0,092	0,096	0,013
Образец № 2	0,460	0,058	0,570	-	1,800	0,059	0,055	0,009
Образец № 3	0,932	0,230	0,920	0,005	2,450	0,028	0,095	0,008

Таблица 2 Сравнительная характеристика макроэлементного состава в белках

Образец белка	Содержание элементов, мг % на сырое вещество			
	K	Na	Ca	Li
Образец № 1	374,42	875,57	63,13	52,80
Образец № 2	341,13	828,04	73,77	26,84
Образец № 3	385,14	748,12	82,13	24,80

Из табл. 1 и 2 видно, что в белковых продуктах имеются все важные элементы, необходимые для нормального развития морских организмов. Содержание основного элемента – кальция находится в пределах нормы и приблизительно в одинаковых количествах. Калий и натрий – ведущие осмосрегулирующие ионы в достаточном количестве содержатся в белковых продуктах. Литий увеличивает уровни белков теплового шока (HSPs), которые способствуют правильному сворачиванию белков в трехмерном пространстве, повторному сворачиванию поврежденных белков и утилизации атипичных белков.

Содержание магния довольно высокое, что является положительным, так как этот элемент активизирует деятельность рибосом, усиливает действие трипсина и липаз поджелудочной железы рыб. Содержание железа, так необходимого для образования гемоглобина, миоглобина мышц, цитохромов, трансферринов, находятся в пределах нормы [7-11]. Имеются в достаточном количестве медь, принимающая участие в синтезе и активации ряда ферментов. Такой важный микроэлемент, как марганец, биогенная функция которого состоит в регуляции активности ферментов. Поэтому ионы марганца обладают широким спектром биологических эффектов: оказывают влияние на кроветворение, минеральный обмен, рост, размножение и т. д. Кроме того, ионы марганца стабилизируют структуру нуклеиновых кислот. В допустимом количестве содержится так же и алюминий, который участвует в формировании скелета, хрящей, других образований соединительной ткани и процессах их регенерации и никель, участвующий в кроветворении (эритропоэзе) и окислительно-восстановительных процессах, обеспечивая клетки тканей кислородом, содержание которого незначительно и совершенно отсутствуют в образце № 2.

Содержание токсичных элементов, таких как свинец, олово в водах ниже официально допустимых норм [7-11], поэтому не представляют опасности.

Таким образом, выделение белка из сточных вод является важной проблемой, как в экономическом, так и в экологическом отношении. Результаты по изучению минерального состава сточных вод, полученные нами в данной работе показали, что сточные воды

рыбообрабатывающих предприятий могут быть использованы в кормовых целях, поскольку количественное содержание микро- и макроэлементов является одним из важных показателей, характеризующих кормовую и пищевую ценность. Кроме того, при фильтровании белка выделяется 25% воды.

### Библиография

1. Махлун А.В. Особенности микроэлементного состава кормовых бентосных организмов промысловых рыб. Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство 2016. № 3. С. 115-120.
2. Лаптева А. М. Тяжелые металлы и микроэлементы в промысловых рыбах Баренцева моря. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010. С. 145-149.
3. Стеблевская Н. И., Чусовитина С. В., Полякова Н. П., Жадько Е. А. Изучение элементного состава тканей и органов некоторых видов промысловых рыб бухты Северная залива Петра Великого (Японское море) // Вопр. рыболовства. 2016. Т. 17. № 1. С. 96-102.
4. Глазунова И. А. Содержание и особенности распределения тяжелых металлов в органах и тканях рыб Верхней Оби // Изв. АлтайГУ. 2007. № 3. С. 20-22.
5. Васильев В.П. Аналитическая химия. Кн.2. (Физико-химические методы анализа) М.: Дрофа, 2007. – 383с.
6. Вендет В.П., Волков Г.Л., Даценко З.М., Богуславский В.А. Способ получения белкового концентрата из морских объектов животного происхождения. Опубликовано 23.10.80. Бюллетень № 39
7. Асафьев В.Н. Биологическая очистка сточных вод. Самара: ГТУ, 1999. 23 с.
8. Алексеев Л.С. Контроль качества воды: учебник. М.: ИНФРА-М, 2004. 154 с.
9. Шахова Ф.А., Шайдуллина Г.Ф., Ягафарова Г.Г., Сафарова В.И. Основы экологического мониторинга: учебник. М.: Химия, 2009. 336 с.
10. Жуков А.И., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод. М.: Химия, 1996. 345 с.
11. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод, Издат.: Химия, 1984. 448 с.

УДК 697.948

## ФОТОКАТАЛИЗ НА СТРАЖЕ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

**Касьянов В.В.**, инженер-химик, e-mail: redvvk@gmail.com – АО «НИАИ «Источник»  
**Кича Е.И.**, инженер, e-mail: vereshaginakate@gmail.com – ООО НПО «Гидротехпроект»  
**Кича М.А.**, младший научный сотрудник, e-mail: rulmaks@bk.ru,  
**Маловик Д.С.**, младший научный сотрудник, e-mail: dimamalovik@gmail.com,  
**Михайленко В.С.**, научный сотрудник, e-mail: vamih60@yandex.ru,  
**Зайцева В.В.**, кандидат химических наук, старший научный сотрудник,  
e-mail: viktoripakalnis@mail.ru – Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова»

**Аннотация.** Статья посвящена анализу рынка бытовых и промышленных очистителей и обеззараживателей воздуха, возможных к применению в жилых и общественных помещениях. В статье определены нормативные и руководящие документы в общем случае регламентирующие применение средств очистки и обеззараживания воздуха в России, приведены общие сведения о фотокаталитической очистке воздуха и преимуществах ее использования, дана сравнительная характеристика наиболее востребованных и популярных моделей, а также показана возможность применения фотокаталитических средств для защиты людей от COVID-19. Приведенная в статье информация позволяет сделать вывод об отсутствии на современном рынке качественных и одновременно доступных широкому кругу потребителей средств комплексной очистки и обеззараживания воздуха, а также о перспективности развития фотокаталитических средств в самых разнообразных отраслях народного хозяйства. Результаты данной работы могут быть интересны широкому кругу читателей, в том числе специалистам, занимающимся, как разработкой средств очистки, так и продвижению их на рынке.

**Ключевые слова:** очистка, обеззараживание, фотокатализ, воздух, угарный газ, монооксид углерода, молекулярные органические загрязнители, бактерии, микробы, вирусы, споры плесневелых грибов, диоксид титана, ультрафиолетовое облучение.

## PHOTOCATALYSIS ON GUARD OF THE NATIONAL ECONOMY

**Kas'yanov V.V., Kicha E.I., Kicha M.A., Malovik D.S., Mikhailenko V.S., Zaitseva V.V.**

**Annotation.** The article is devoted to the analysis of the market of household and industrial air purifiers and air disinfectants, which can be used in residential and public buildings. The article defines normative and guiding documents generally regulating the use of air purification and disinfection products in Russia, provides general information on photocatalytic air purification and the advantages of its use, gives a comparative characteristic of the most popular and popular models, and also shows the possibility of using photocatalytic means for protection people from COVID-19. The information given in the article allows us to conclude that there are no high-quality and at the same time accessible to a wide range of consumers means of complex air purification and air disinfection on the modern market, as well as the prospects for the development of photocatalytic agents in a wide variety of sectors of the national economy. The results of this work may be of interest to a wide range of readers, including specialists involved in both the development of air purification products and their promotion on the market.

**Keywords:** air purification, disinfection, photocatalysis, air, carbon monoxide, molecular organic pollutants, bacteria, microbes, viruses, mold spores, titanium dioxide, ultraviolet irradiation.

## **Введение**

Очистка и обеззараживание воздуха квартир и офисных помещений в современном мире, несомненно, является актуальной проблемой. В отдельных сферах применение средств обеззараживания воздуха регламентировано санитарно-эпидемиологическими требованиями (например, в медицинских и общественных учреждениях, судах, морских и речных портах, воздушном и железнодорожном транспорте и объектах их инфраструктуры).

Перспективным методом комплексной очистки и обеззараживания воздуха от различных молекулярных органических и неорганических загрязнителей, бактерий, вирусов и спор плесневелых грибов является фотокатализ на поверхности нанокристаллического диоксида титана под действием ультрафиолетового облучения.

Актуальность использования данного метода для очистки и обеззараживания воздуха в самых различных сферах подтверждается многочисленными исследованиями и патентами [1-8], в том числе подтверждающими эффективность фотокатализа при дегазации и разрушении боевых отравляющих веществ, таких как зарин, зоман, табун, иприт и VX [9].

В настоящей работе будут рассмотрены:

- нормативные и руководящие документы, в общем случае регламентирующие применение средств очистки и обеззараживания воздуха в России;
- общие сведения о фотокаталитической очистке воздуха и преимуществах ее использования;
- сравнительные характеристики наиболее востребованных и популярных моделей, а также определены возможности применения фотокаталитических средств для защиты людей от COVID-19.

## **Нормативные и руководящие документы, регламентирующие применение средств очистки и обеззараживания воздуха в России.**

На территории Российской Федерации в области использования средств очистки и обеззараживания воздуха применяются следующие основные нормативные и руководящие документы:

- Федеральный закон «О санитарно-эпидемиологическом благополучии» от 30 марта 1999 г. N 52-ФЗ;
- Положение о санитарно-эпидемиологическом нормировании» утвержденное Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000 г. N 554;
- СанПиН 2.1.3.2630-10 Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность;
- СанПиН 2.1.6.1032-01 Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест;
- СанПиН 3.3686-21 Санитарно-эпидемиологические требования по профилактике инфекционных болезней;
- ГОСТ Р 52539-2006 Чистота воздуха в лечебных учреждениях. Общие требования;
- ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
- СП 2.1.3678-20 Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг;

- СП 2.5.3650-20 Санитарно-эпидемиологические требования к отдельным видам транспорта и объектам транспортной инфраструктуры;
- СП 3.1.3597-20 Профилактика новой коронавирусной инфекции «COVID-19»;
- Р 3.5.1904-04 Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях.

Данные документы содержат не только требования к качеству воздуха, но и требования к качеству очистки (обеззараживания) воздуха в зависимости от специфики защищаемых объектов и иные требования, выполнение которых обеспечивает санитарно-эпидемиологическое благополучие населения в данном вопросе.

### **Общие сведения о фотокаталитической очистке воздуха и преимуществах ее использования.**

Принцип метода фотокаталитической очистки воздуха основан на конвективном или принудительном пропускании очищаемого воздуха через зону фотокаталитической обработки. Вредные загрязнители, бактерии и вирусы адсорбируются на поверхности фотокаталитических элементов, содержащих нанокристаллический диоксид титана и под действием облучения от УФ-лампы минерализуются, в основном, до углекислого газа и воды [10, 11].

В данном случае, как правило, используется мягкий ультрафиолет с длиной волны от 350 до 400 нм (УФ-А), тогда как бактерицидным по Р 3.5.1904-04 считается облучение с длиной волны от 205 до 315 нм (УФ-В и УФ-С). Вместе с тем, эффективность обеззараживания воздуха при облучении с длиной волны порядка 365 нм за один проход в приборах ТИОКРАФТ (производитель АО «Раменский приборостроительный завод» под управлением госкорпорации Ростех) достигает до 99,5 % и выше (без образования озона) [11]. Типовой вариант конструкции фильтра, реализующего данный метод, представлен на рисунке 1.

Дополнительно к схеме очистки (обеззараживания) представленной на рисунке, могут применяться:

- предфильтр НЕРА, удаляющей крупную пыль и другие частицы (бактерии, споры, бытовые аэрозоли) свыше 0,1 мкм – применяется наиболее часто;
- замыкающий угольный фильтр, поглощающий продукты деструкции отдельных очищаемых компонентов – применяется, как правило, в специализированных промышленных изделиях.

Несомненным преимуществом фотокаталитических фильтров перед обычными обеззараживателями является возможность очистки воздуха не только от бактерий, вирусов и спор плесневелых грибов, но и от:

- высокотоксичных канцерогенных при длительном воздействии неорганических веществ, таких как угарный газ (монооксид углерода), оксиды азота, сероводород и других веществ, выделяемых повсеместно, например, при курении или в выхлопных газах автомобилей;
- дурнопахнущих и канцерогенных органических веществ, выделяемых при приготовлении пищи, например, акролеина, ароматических углеводородов и т.д.

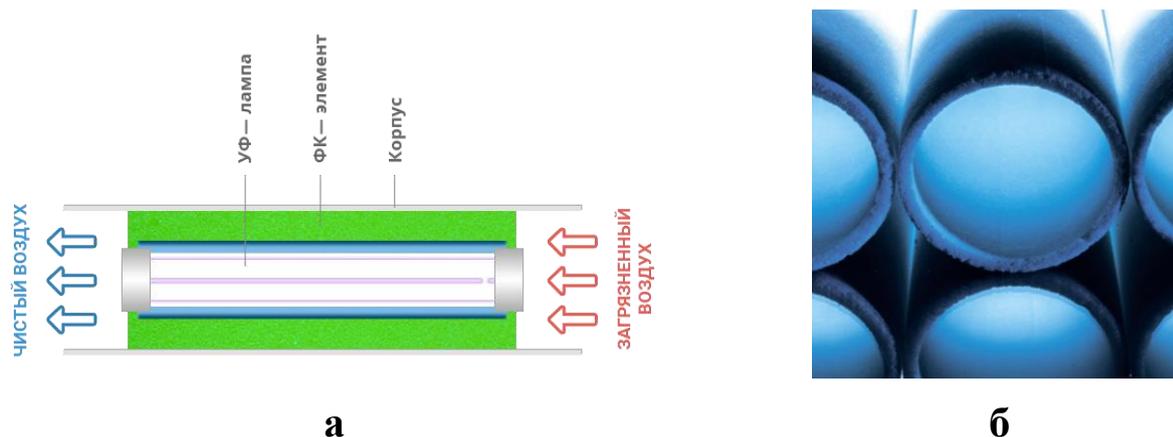


Рисунок 1. Типовой вариант конструкции фотокаталитического фильтра [11]:

а – схема метода фотокаталитической очистки воздуха; б – вариант исполнения фотокаталитического элемента из кварцевых стеклянных шариков, спеченных в виде труб и покрытых ультрадисперсным катализатором (диоксидом титана с размером зерна порядка 40 нм)

### Сравнительная характеристика наиболее востребованных и популярных моделей.

Сравнительная характеристика наиболее востребованных и популярных фильтров приведена в таблице. Сведения, приведенные в таблице взяты из открытых источников предприятий поставщиков и интернет-магазинов и являются справочными. Фактические характеристики изделий могут отличаться от приведенных.

Фотокаталитические средства, использующие фотокатализ на поверхности нанокристаллического диоксида титана под действием ультрафиолетового облучения, возможно применять для защиты людей от COVID-19 [12-14]. Однако эти утверждения косвенные и основаны на декларации разработчиков (поставщиков) и на общей способности фотокаталитических средств разрушать вирусы: «Фотокаталитические фильтры – новое слово в технологиях очистки воздуха – способны справиться с 99 % бактерий и вирусов, в том числе с коронавирусом [13]».

#### Заключение

Фотокаталитические средства, использующие фотокатализ на поверхности нанокристаллического диоксида титана под действием ультрафиолетового облучения, возможно использовать в жилых и общественных помещениях для очистки от самых разнообразных веществ и микроорганизмов, например, таких как:

- углеводороды ряда метана и этилена, альдегиды, эфиры, кетоны, ароматические углеводороды;
- вещества, вызывающие аллергические заболевания;
- бактерии, вирусы и споры плесени, в т. ч. по заявлениям отдельных производителей от COVID-19;
- озон и активные формы кислорода;
- угарный газ (монооксид углерода), сероводород и многие другие неорганические вещества;
- зарин, зоман, табун, иприт и VX.

На современном рынке отсутствуют качественные и одновременно доступные широкому кругу потребителей средства комплексной очистки и обеззараживания воздуха.

Одними из лидеров российского рынка фотокаталитических средств очистки и обеззараживания воздуха являются АО «Раменский приборостроительный завод» (приборы типа ТИОКРАФТ для жилых и общественных помещений) и VentMachine (фильтры типа ФКО преимущественно для общественных и промышленных помещений).

Фотокаталитические средства являются перспективными изделиями в самых различных отраслях народного хозяйства, при этом дальнейшие исследования должны быть направлены на:

- разработку и внедрение единых методов оценки качества, стандартизованных на международном уровне;
- снижение стоимости изделий.

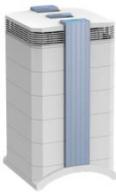
### Сравнительная характеристика наиболее востребованных и популярных фильтров

Параметр	NOZOLUX Mini	NUBI Fresh O3 Box	EDELWEISS 1.0 (TAP FL600 MF)	MI Air Purifier 3H EU ACM6SC
1	2	3	4	5
Внешний вид				
Страна производства	Китай	Китай	Россия	Китай
Защита от микробов	Частично	(+)	(+)	Частично
Защита от вирусов	Частично	(+)		Частично
Очистка от пыли			(+)	(+)
Очистка от угарного газа				
Очистка от оксидов азота				
Очистка от сероводорода				
Очистка от органики	(+)	(+)	(+)	(+)
Очистка от диоксида углерода				
Производительность по воздуху, м <sup>3</sup> /ч	30	30	120	380
Средний уровень шума, дБ	бесшумный	бесшумный	бесшумный	64
Габариты, мм	120×120×40	95×90×40	375×278×165	580×290×290
Масса, кг	0,25	0,166	3,5	6
Число режимов работы	2	3	5	5
Гарантийный срок, лет	1	1	1	0,5
Ориентировочная стоимость, тыс. руб.	3	5	15	17
Ориентировочная стоимость обслуж., тыс. руб.	–	–	–	5
Доступность	Много	Много	Много	Много
Поставщик	OZON	OZON	Максидом, Мвидео	Максидом
Преимущества	- компактный - автономный - бесшумный	- компактный - автономный - бесшумный	- компактный - автономный - бесшумный	- интерактивное голосовое взаимодействие
Недостатки	- долгая зарядка - много жалоб	- слабый аккумулятор	- большой процент брака	- новика: отзывы малочисленны

Продолжение таблицы

Параметр	STADLER FORM Viktor	Zepter Therapy Air iOn PWC-570	ARP-420 H	ТЮКРАФТ M50
1	6	7	8	9
Внешний вид				
Страна производства	Германия	Швейцария	Германия	Россия
Защита от микробов	(+)	(+)	(+)	(+)
Защита от вирусов	(+)	(+)	(+)	(+)
Очистка от пыли	(+)	(+)	(+)	(+)
Очистка от угарного газа				Не нормировано
Очистка от оксидов азота				(+)
Очистка от сероводорода				(+)
Очистка от органики	(+)	(+)	(+)	(+)
Очистка от диоксида углерода				
Производительность по воздуху, м <sup>3</sup> /ч	200	280	420	18
Средний уровень шума, дБ	57	21	66	бесшумный
Габариты, мм	246×451×246	544×510×181	391×245×603	555×250×49
Масса, кг	4,9	9	10	5,6
Число режимов работы	5	3	4	1
Гарантийный срок, лет	1	1	1	2
Ориентировочная стоимость, тыс. руб.	30	80	60	40
Ориентировочная стоимость обслуж., тыс. руб.	6	20	6	–
Доступность	Есть в наличии	Под заказ	Штучно	Штучно
Поставщик	Максидом	Интернет-магазины	Интернет-магазины	Интернет-магазин
Преимущества	- простой в эксплуатации	- множество детекционных технологий	- большая площадь всасывания	- возможность кастомизации - уникальные технологии
Недостатки	- нет пульта управления			

Продолжение таблицы

Параметр	ФКО-600	LIFAair LA5020-03	IQAir GC AM	Welltech CO2- purifier CP-D170
1	10	11	12	13
Внешний вид				
Страна производства	Россия	Финляндия	Швейцария	Гонконг
Защита от микробов	(+)	(+)	(+)	(+)
Защита от вирусов	(+)	(+)	(+)	(+)
Очистка от пыли	(+)	(+)	(+)	(+)
Очистка от угарного газа	(+)	(+)	(+)	(+)
Очистка от оксидов азота		Частично	(+)	(+)
Очистка от сероводорода		(+)	(+)	(+)
Очистка от органики	(+)	(+)	(+)	(+)
Очистка от диоксида углерода		Частично	(+)	(+)
Производительность по воздуху, м <sup>3</sup> /ч	600	450	400	50
Средний уровень шума, дБ	бесшумный	63	57	
Габариты, мм	904×580×286	1058×386×381	61×38×41	500×400×600
Масса, кг	25	20	12	60
Число режимов работы	5		6	
Гарантийный срок, лет	5	1	3	10
Ориентировочная стоимость, тыс. руб.	80	60	100	600
Ориентировочная стоимость обслуж., тыс. руб.	12	6	25	4
Доступность	Штучно	Под заказ	Штучно	Большой ассортимент
Поставщик	VentMachine	DNS	Интернет-магазины	Welltech Instrument
Преимущества	- высокая эффективность очистки	- высокая эффективность очистки	- высокая эффективность очистки	- наиболее совершенная система очистки в осн. от CO <sub>2</sub>
Недостатки	- большие габариты	- большие габариты	- много расх. материалов	- большие габариты

### Библиография

1. Перспективные технологии в системе обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия войск / П. И. Огарков, А. А. Кузин, С. А. Свистунов [и др.] // Военно-медицинский журнал. – 2016. – Т. 337. – № 3. – С. 92-94.

2. Перспективы использования фотокаталитической технологии очистки воздуха для обеспечения безопасности применения севофлурана при обезболивании родов в акушерском стационаре / И. Л. Балихин, Е. Н. Кабачков, Е. Н. Куркин [и др.] // Химия высоких энергий. – 2018. – Т. 52. – № 4. – С. 343-346. – DOI 10.1134/S0023119318040034.
3. Исследование фотокаталитической антимикробной активности нанокompозитов на основе TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при воздействии светодиодного излучения (405 nm) на стафилококки / А. В. Светлакова, М. SanchezMendez, Е. С. Тучина [и др.] // Оптика и спектроскопия. – 2021. – Т. 129. – № 6. – С. 736-740. – DOI 10.21883/OS.2021.06.50984.9k-21.
4. Испытания фотокаталитических очистителей-обеззараживателей ТИОКРАФТ в Военно-медицинской академии им. С.М.Кирова [Электронный ресурс] URL: <http://tiokraft.ru/issledovaniya/ispytaniya-fotokataliticheskikh-ochistiteley-obezzarazhivateley-tiokraft-v-voenno-miditsinskoj-akade/>.
5. Паршин, П. А. Разработка фотокаталитического метода обеззараживания воздуха птичника для содержания перепелов / П. А. Паршин, Я. В. Крайнов, Д. В. Федерякина // Ветеринарная патология. – 2015. – № 3(53). – С. 65-69.
6. Василяк, Л. М. Физические методы дезинфекции / Л. М. Василяк // Успехи прикладной физики. – 2018. – Т. 6. – № 1. – С. 5-17.
7. Патент № 2647839 С2 Российская Федерация, МПК В01J 21/06, В01J 35/04, В01J 35/08. Фотокаталитический элемент для очистки и обеззараживания воздуха и воды и способ его изготовления : № 2015123582 : заявл. 20.12.2012 :опубл. 21.03.2018 / И. Л. Балихин, В. И. Берестенко, И. А. Домашнев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химической физики РАН (ИПХФ РАН), Научный центр Российской академии наук в Черноголовке (НЦЧ РАН), Общество с ограниченной ответственностью "ТИОКРАФТ" (ООО "ТИОКРАФТ"), Общество с ограниченной ответственностью "Красное поле".
8. Патент № 2743705 С1 Российская Федерация, МПК А61L 9/18, С01G 3/00, В82В 3/00. Способ фотокаталитической очистки и стерилизации воздуха : № 2020129482 : заявл. 07.09.2020 :опубл. 24.02.2021 / В. М. Киселев, И. М. Белоусова, И. В. Багров [и др.].
9. Заключение о применимости фотокатализа для разрушения боевых отравляющих веществ от Института катализа им.Борескова РАН [Электронный ресурс] URL: <http://laguna.ru/zakljuchenie-o-primenimosti-photokataliza-dlja-razrusheniya-boevyh-otravlajuschih-veschestv-ot-instituta-kataliza-imboreskova-ran.html>.
10. Carp, O.; Huisman, C.L.; Reller, A. Photoinduced reactivity of titanium dioxide. Progress in Solid State Chemistry 2004, 32(2004), 33-177.
11. Конвекционные очистители воздуха ТИОКРАФТ [Электронный ресурс] URL: <http://tiokraft.ru/producti/konvec/>.
12. Дезинфекционный удар: технологии профилактики коронавируса [Электронный ресурс] URL: <https://rostec.ru/news/dezinfektsionnyy-udar-tekhnologii-profilaktiki-koronavirusa>.
13. Технологии Ростеха против коронавируса [Электронный ресурс] URL: <https://rostec.ru/news/tekhnologii-rostekha-protiv-koronavirusa/>.
14. Солодилова, М. А. Роль российских госкорпораций во время пандемии новой коронавирусной инфекции (на примере деятельности ГК "Росатом", "Ростех", "Роскосмос") / М. А. Солодилова // Евразийское Научное Объединение. – 2021. – № 2-6(72). – С. 434-436.

УДК 622.587

## ПРОБЛЕМЫ ЗАКРЫВАЮЩИХСЯ ШАХТ ДОНБАССА

**Малеев Н.В.**, д.т.н., начальник, Государственное предприятие «Донецкий экспертно-технический центр Государственного Комитета Гортехнадзора ДНР», г. Донецк, ДНР, E-mail: [office@don-etc.ru](mailto:office@don-etc.ru)

**Петренко Ю.А.**, д.т.н., проф., Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР, E-mail: [pk@donntu.org](mailto:pk@donntu.org)

**Зельдин Б.Б.**, начальник горного отдела «Донгипрошахт», г. Донецк, ДНР.

**Аннотация:** Проведен анализ планомерного, а в ряде случаев стихийного затопления горных работ закрытых шахт и влияние его на затопление соседних действующих предприятий, заболачиванию территорий и населенных пунктов. От достоверности решений по установлению гидравлических связей и возможных перетоков шахтных вод, которые в настоящее время имеют низкий уровень и требует более детального изучения данного процесса, зависит обеспечение безопасности объектов поверхности и горных работ действующих шахт.

Правильность принятых решений позволит исключить аварийные техногенные ситуации, строго регламентировать процессы ликвидации и затопления шахт и сократить затраты на строительство водоотливных комплексов.

**Ключевые слова:** горные выработки, затопление, гидравлические связи, водоотлив.

## PROBLEMS OF CLOSING MINES OF DONBASS

**Maleev N.V., Petrenko Yu.A., Zeldin B. B.**

**Annotation:** The analysis of planned, and in some cases spontaneous flooding of mining operations of closed mines and its impact on the flooding of neighboring operating enterprises, waterlogging of territories and settlements. The reliability of decisions on establishing hydraulic connections and possible flows of mine water, which currently have a low level and require a more detailed study of this process, depends on the safety of surface objects and mining operations of existing mines. The correctness of the decisions made will allow you to exclude man-made emergencies, strictly regulate the processes of liquidation and flooding of mines and reduce the cost of construction of drainage complexes.

**Keywords:** mine workings, flooding, hydraulic connections, drainage.

Угольная отрасль в настоящее время испытывает серьезные проблемы, которые связаны с доработкой запасов большинства послевоенных шахт, а также шахт третьего поколения – построенных в 60-70-е годы 20 столетия.

Средний срок службы шахт составил 50 лет. Некоторые шахты первого поколения (начала 20 века) с учетом их реконструкции проработали до 100 лет.

Реанимация «старых» шахт для отработки запасов на глубоких горизонтах в большинстве случаев не дала положительных результатов ввиду не своевременного финансирования на реконструкцию и модернизацию производства.

Большая удаленность горных работ от основной промплощадки и большая протяженность поддерживаемых капитальных горных выработок потребовала больших финансовых вложений на поддержание сети горных выработок, обеспечение проветривания сети горных выработок, доставки материалов, оборудования и рабочих. Строительство новых вертикальных стволов достаточно удаленных от основных промплощадок в ряде случаев не были реализованы в полном объеме ввиду большого объема капиталовложений и наступившего в 90-е годы экономического кризиса.

Примером может быть строительство воздухоподающих стволов на шахтах им. Челюскинцев, Трудовская, им. Е.Т.Абакумова, Ждановская № 3-4, Прогресс и другие.

Дотационная политика в части господдержки убыточных шахт в итоге привела к решению о прекращении дальнейшей эксплуатации нерентабельных предприятий.

Последние события на востоке Украины привели к массовому закрытию угольных предприятий.

По состоянию на начало 2020 года в составе Министерства угля и энергетики Донецкой Народной Республики числится 17 шахт с суммарной производственной мощностью 7,2 млн. тонн рядового угля. Остальные шахты ликвидированы или находятся в стадии ликвидации.

Полностью остановлены шахты крутого падения Горловско-Енакиевского района.

Происходит планомерное, а в ряде случаев стихийное затопление горных работ закрытых шахт.

Полное затопление отработанных выработанных пространств может привести к заболачиванию территорий и населенных пунктов, особенно в условиях значительного перепада высот выходов горных выработок и рельефа поверхности.

Процесс затопления характеризуется активизацией процесса сдвижения горного массива и деформаций земной поверхности в связи изменением прочностных свойств горных пород при водонасыщении.

Также наблюдается выделение метана на поверхность через старые горные выработки, тектонические нарушения и выхода на поверхность песчаников ввиду выдавливания газа из выработанных пространств при подъеме уровня шахтных вод. Что приводит к опасности загазирования подвальных помещений зданий и сооружений на поверхности.

Затопление ликвидируемых шахт при наличии гидравлических связей сопровождается перетоком шахтных вод на соседние действующие предприятия.

Наличие гидравлических связей связано с отступлением от установленного порядка ведения горных работ в части нарушения размеров барьерных целиков между шахтами, непосредственной сбойки с горными работами соседних шахт, наличия не затампонированных или некачественно затампонированных геологоразведочных и технических скважин, отработки участков пластов в пределах горных отводов соседних шахт по отдельным пластам.

Характерным примером масштабных гидравлических связей является бассейн шахты им. М. Горького г.Донецк.

Научно-исследовательской работой «Прогноз развития гидрогеологической ситуации в техногенных горизонтах и на поверхности шахт с предоставлением оптимальной схемы водоотливов и мероприятий, исключающих подтопление поверхности», выполненной ООО «Институт «Шахтопроект», г. Санкт-Петербург в 2016 году установлены проблемы затопления шахт города Донецк и Центрального района Донбасса – городов Горловка и Енакиево.

Шахта им. М. Горького имеет прямые связи с шахтой «Центрально-Заводская» а также с шахтой № 11.

Шахта № 11 и № 17-17 бис имеют гидравлические связи по пласту  $h_7$  по погашенным выработкам и старым выработанным пространствам.

Шахта № 17-17 бис в свою очередь имеет гидравлические связи с действующей шахтой им. А.А. Скочинского.

В настоящее время шахта имени М. Горького работает в водоотливном режиме на горизонте 624 м для исключения перетока шахтных вод на шахту №17-17 бис и, как следствие, защиты действующей шахты им. А.А. Скочинского. При этом, надежность гидравлических связей и вероятность перетока не исследована и может не подтвердиться, как это уже установлено по связям ниже действующего горизонта.

Кроме того, при затоплении участка «Шахта им. М. Горького» в качестве объектов защиты рассматривались здания и сооружения поверхности. Определены безопасные для объектов поверхности уровни затопления техногенного комплекса. Для шахт имени М. Горького, № 11 и «Центрально-Заводская», расположенных на наиболее пониженных участках поверхности Донецко-Макеевского угленосного района, безопасный уровень установлен на отметке «минус» 50 м.

Поле шахты им. А.А. Скочинского расположено ниже по падению от полей шахт № 4-21 («Петровская»), № 17-17бис («Кировская») и № 11 (участок шахты им. М.Горького) от горизонта минус 600-835 м до минус 1400 м.

Группа шахт №4-21 («Петровская»), №17-17бис («Кировская»), «Лидиевка», «Куйбышевская», им. Е.Т. Абакумова, «Панфиловская», «Октябрьский рудник», им. А.А. Скочинского, им. Челюскинцев, «Трудовская» имеют гидравлические связи достоверность и характер которых окончательно не установлены.

Шахты им. А.А. Скочинского, №17-17 бис («Кировская») и «Петровская» имеют общую техническую границу по пласту  $h_6^1$ . В связи с наличием целого ряда сбоек между выработками этих шахт, часть водопритоков, формирующихся на верхних горизонтах, поступает в водосборники шахты им. А.А. Скочинского, а часть откачивается на поверхность водоотливом шахты №17-17 бис.

Аварийная ситуация на шахте №17-17 бис, произошедшая в 1996 году привела к затоплению горных работ на 116 м, что привело к перетоку воды в горные работы шахты им. А.А.Скочинского. в последующий период объем перетока постепенно снижался, что связано, с большой степенью вероятности, с уплотнением пород при их обводнении.

Вопрос надежности данной связи в настоящее время нельзя достоверно оценить, так как устойчивость системы вода – гидравлическое сопротивление массива может быть нарушено при увеличении гидростатического давления при решении вопроса затопления шахты №17-17 бис до определенной отметки. В связи с чем в настоящее время поддерживается установившийся уровень за счет работы подземных водоотливных комплексов.

Шахтные воды затопленной шахты «Куйбышевская» перетекают на шахту «Лидиевка», откуда откачиваются двумя подземными водоотливами для защиты от перетока в шахту им. А.А. Скочинского через ее вертикальные стволы пересекающие выработанные пространства шахты «Лидиевка».

На шахте «Лидиевка» имеется гидросвязь с шахтой им. Е.Т. Абакумова через ненормативный барьерный целик и систему водоспусковых скважин, а также дополнительно

пройдена выработка для перепуска воды с шахты «Лидиевка» на шахту им. Е.Т. Абакумова в крайней западной точке шахтного поля.

Ранее намечалась передача воды с шахты «Лидиевка» на шахту им. Е.Т. Абакумова через систему водоспускных скважин на уровне основного околоствольного двора шахты им. Е.Т. Абакумова, однако данное решение в течение продолжительного периода не дало положительных результатов ввиду низкой пропускной способности скважин и большого сопротивления путей миграции воды. В результате чего на шахте «Лидиевка» поддерживается уровень, обеспечивающий защиту вертикальных стволов шахты им. А.А. Скочинского подземными водоотливами.

В настоящее время намечается отключение водоотлива горизонта пласта  $I_1$ , обеспечивающего поддержание безопасного уровня, с целью передачи притока на шахту им. Е.Т. Абакумова по новой выработке. Большая протяженность шахтного поля и затопленного бассейна при наличии отработанных участков (более 40 лет) при низкой пропускной способности путей миграции воды может создать подпор подземных вод, который окажется выше точки пересечения восточного ствола шахты им. А.А. Скочинского с выработанным пространством шахты «Лидиевка».

По аналогии с перетоком воды с шахты №17-17 бис на шахту им. А.А. Скочинского со временем происходит увеличение путей движения воды, что ставит под сомнение процесс перепуска воды с шахты «Лидиевка» на шахту им. Е.Т. Абакумова.

Таким образом, безопасная работа шахты им. А.А. Скочинского обеспечивается работой водоотливных комплексов шахт им. А.М. Горького, им. Е.Т. Абакумова, «Лидиевка».

Причиной данной ситуации являются прямые связи горных работ соседних шахт и нарушение или отсутствие барьерных целиков, пересечение вертикальных стволов шахты им. А.А. Скочинского выработанных пространств шахты «Лидиевка».

Шахты «Трудовская» и «Октябрьский Рудник» затапливаются. Затопление шахты «Трудовская» уже достигло отметки перетока в шахту им. Челюскинцев и в настоящее время остаточный водоприток шахты «Трудовская» откачивается водоотливом шахты им. Челюскинцев. В случае затопления горных работ шахты им. Челюскинцев до отметки «минус» 100 м вода поступит в горные работы шахты им. А.А. Скочинского.

Подземные воды шахты «Октябрьский рудник» будут перетекать в горные выработки шахты «Куйбышевская».

Таким образом, добыча угля на одной шахте им. А.А. Скочинского обеспечивается содержанием целого ряда подземных водоотливов соседних шахт, а в ближайшем будущем дополнительно необходимо поддерживать водоотливный комплекс на шахте им. Челюскинцев.

Необходимо поставить вопрос о целесообразности работы шахты им. А.А. Скочинского в условиях содержания такого количества водоотливных шахт.

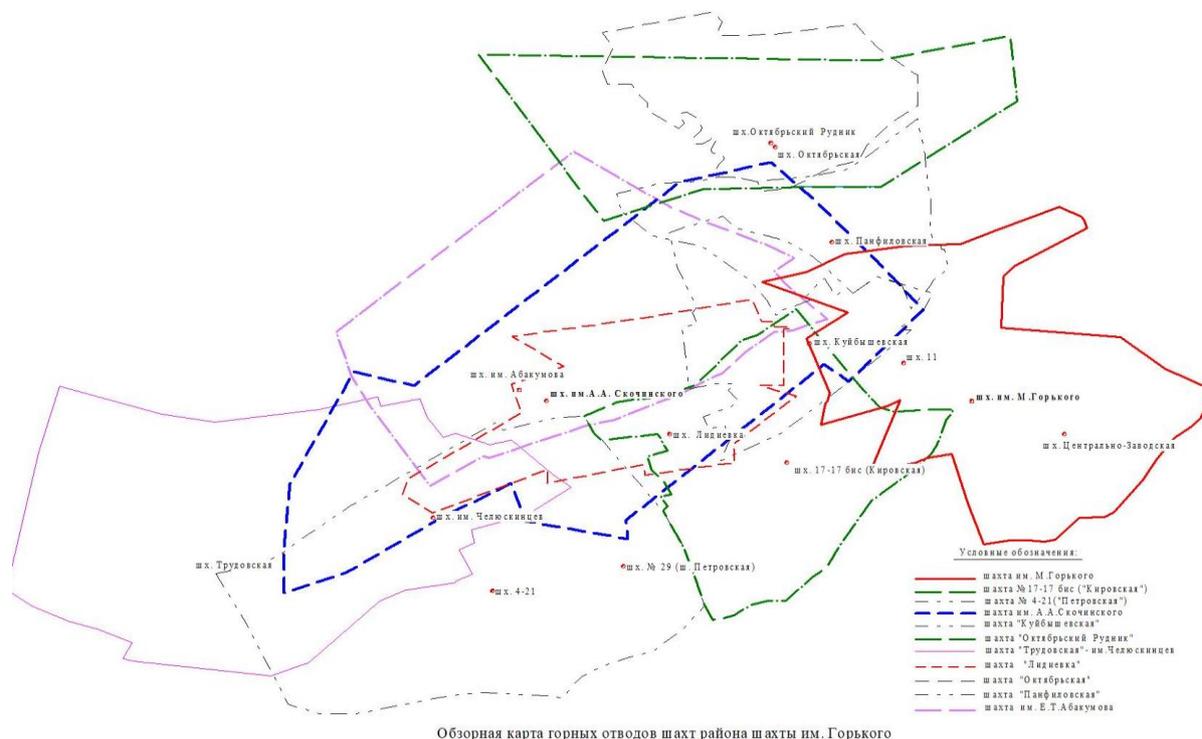
Аналогичная картина просматривается на действующей шахте «Комсомолец Донбасса» имеющей большое количество гидравлических связей с вышележащими ликвидированными шахтами. В данном случае вопрос должен быть решен путем увеличения производительности подземных водоотливов действующей шахты.

Притоки шахт «Донецкая», «Стожковская» увеличили приток воды в шахту в 3 раза.

Ранее намечалось строительство водоотливного комплекса с погружными насосами на шахте «Моспинская», однако отсутствие финансирования на выполнение полного комплекса работ привело к некоторой стабилизации в водном балансе региона и было принято решение об

отказе от строительства данного комплекса. В результате чего имел место прорыв воды в горные работы шахты «Комсомолец Донбасса» и частичное затопление выработок шахты.

Сегодня стоит вопрос о возможности принятия дополнительного притока от шахты «Рассвет».



Вопрос обеспечения безопасности объектов поверхности или горных работ действующих шахт весьма сложный и до конца не изучен. Предполагаемые гидравлические связи в ряде случаев не проявляются в связи с уплотнением выработанных пространств и самоликвидацией горных выработок, которые считались надежными связями.

В ряде случаев проектные решения по строительству водоотливных комплексов не обеспечивают реального положения в части недостаточной производительности погружных насосов или наоборот снижения фактического притока воды в месте откачки.

Так например, прогнозируемая ситуация на востоке г. Донецка на шахтах № 9 «Капитальная» и № 6 «Красная Звезда» привела к необходимости строительства двух водоотливных комплексов с погружными насосами. Реальная ситуация показала стабилизацию уровня затопления шахт на определенном уровне и перераспределению водотоков на соседних шахтах, что привело к отказу от использования данных водоотливов.

Таким же примером может быть строительство и ликвидация водоотливных комплексов на шахтах им. А.Б. Батова г.Макеевка, «Постниковская» г.Шахтерск и других.

Достоверность решений по установлению гидравлических связей и возможных перетоков шахтных вод в настоящее время имеет низкий уровень и требует более детального изучения данного процесса на базе уже полученных как положительных, так и отрицательных результатов.

Правильность принятых решений позволит исключить аварийные техногенные ситуации и сократить затраты на строительство водоотливных комплексов.

Во всех случаях необходима строгая регламентация процессов затопления шахт, установления порядка и сроков отключения подземных водоотливов, последовательность ликвидации шахт и необходимости устройства водоотливных комплексов.

## ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

УДК 627.8

### ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ТУРИСТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА «КУРОРТЫ АСТРАХАНИ»

**Золотарев Г.М.**, президент Московского отделения Международной Академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности, МАНЭБ

**Немошкалов С.М.**, президент Каспийского отделения МАНЭБ

**Завьялова Е.Е.**, ученый секретарь Каспийского отделения МАНЭБ

**Прокофьева О.Н.**, министр культуры и туризма Астраханской области

**Дайнеко Ф.А.**, ученый секретарь Московского отделения МАНЭБ

**Поднебесная В.К.**, советник Президента Московского отделения МАНЭБ

**Петрова З.К.**, заведующая отделом Московского архитектурного института

**Аннотация.** Богатства Астрахани – это яркое солнце, пресное море, песчаный пляж, отличная рыбалка – будут привлекать до 1,0 млн. туристов в год из Москвы, Петербурга, Урала, Западной Сибири и до 100,0 тысяч иностранцев. В России появится 3-я зона летнего отдыха, по качеству не хуже Крыма и Кавказа.

**Ключевые слова:** Туристический кластер «Курорты Астрахани». Побережье Каспийского моря. Земельные участки. Гранд-отели для туристов.

#### Proposal for the construction of a tourist cluster "Resorts of Astrakhan"

**Zolotarev G.M., Nemoshkalov S.M., Sawjalova E.E., Prokofeva O.N., Wojprav O.N., Dayneco F.A., Podnebesnay V.K., Petrova S.K.**

**Abstract.** The riches of Astrakhan – bright sun, fresh sea, sandy beach, excellent fishing – will attract up to 1 million tourists a year from Moscow, St. Petersburg, the Urals, Western Siberia and up to 100 thousand foreigners. In Russia, the 3rd summer recreation zone will appear in quality no worse than the Crimea and the Caucasus.

**Keyword:** Tourist cluster "resorts of Astrakhan". Caspian Sea coast, land plots on the coast, Grand hotels for tourists,

С 01 по 08 сентября 2020г. г. Астрахань посетила делегация Московского отделения МАНЭБ в составе Академиков МАНЭБ – Золотарев Г.М., Дайнеко Ф.А., Поднебесная В.К.

Президент Московского отделения МАНЭБ Золотарев Г.М. и Президент Каспийского отделения МАНЭБ, Немошкалов С.М. передали Губернатору Астраханской области И.Ю. Бабушкину «Предложение о создании Туристического кластера «Курорты Астрахани».

Для этого, на территории поймы реки Волга, в прибрежной к Каспийскому морю зоне, необходимо создать базовый участок земли, площадью 600га, в виде выдвинутого в сторону моря протяжённого массива длиной 5,0 км и шириной 1,2 км. На этой территории выделяются участки площадью 20,0 га с шириной в прибрежной зоне 400,0м и глубиной 500,0 м в сторону центральной асфальтированной дороги, проложенной по оси базового участка земли.

На территории 20,0 га осуществляется строительство Гранд-отелей с различной архитектурой, в соответствии с желаниями владельцев указанных участков.

Схема возводимого базового земельного массива в прибрежной зоне Каспийского моря представлена на рисунок 1.

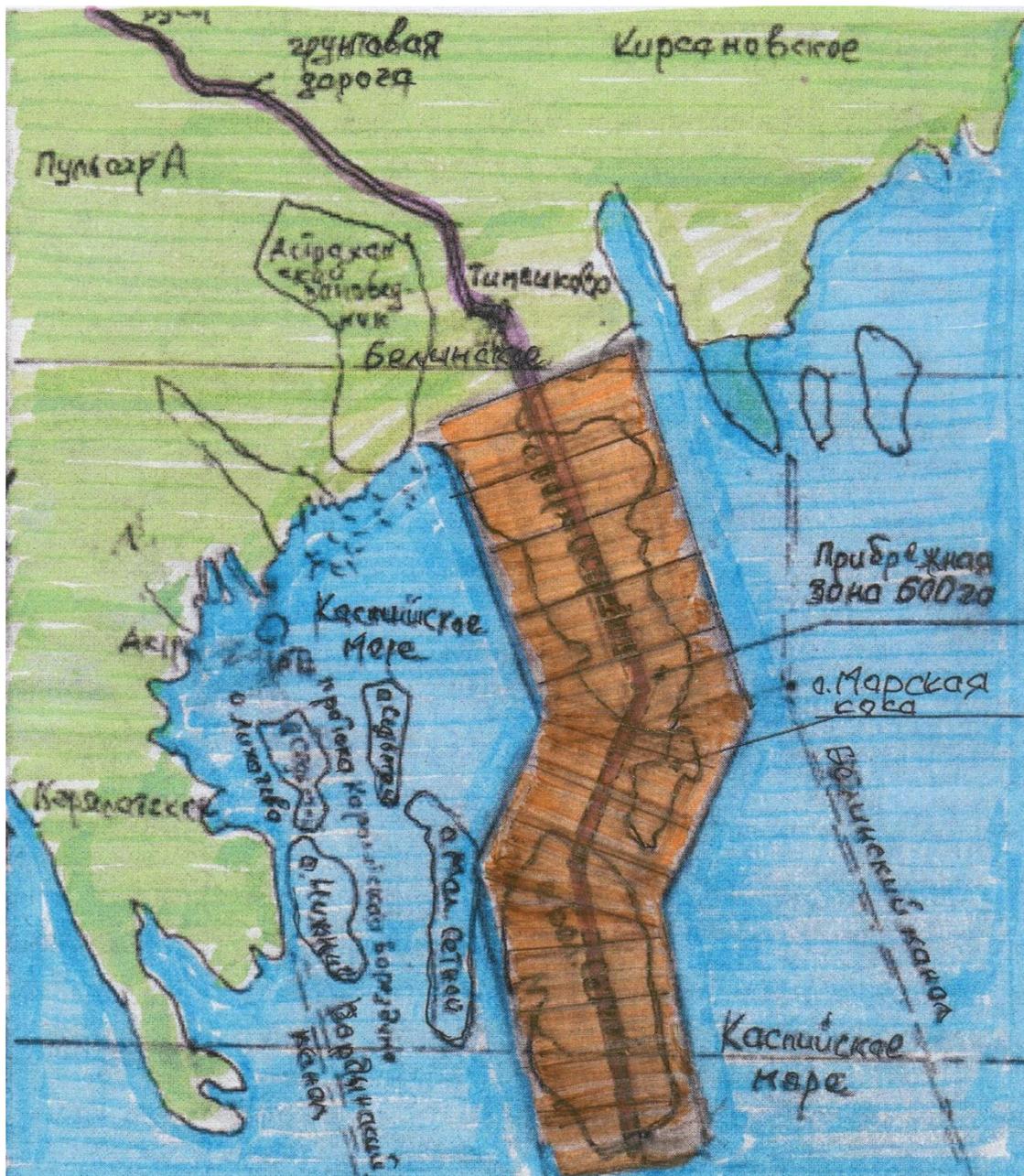


Рисунок 1 Схема возводимого базового земельного массива в Каспийском море

Базовый земельный массив создаётся на основе двух островов: остров «Верхний Осередок» и остров «Большой Сетной». Между этими островами возводится соединительный перешеек на основе острова «Морская Коса».

Для строительства базового земельного массива используется грунт близлежащих небольших островов Малый Сетной, Седьмой, Нижний, Лихачёва, разработку которых осуществляют с помощью экскаватора драглайн, установленного на самоходной барже.

Для возведения базового земельного массива используют также скальный грунт, добываемый в специальном карьере на берегу Волги между городами Астрахань и Волгоградом. Перевозку скального камня осуществляют с помощью самоходных барж по Волге вниз по течению.

Для создания верхнего слоя земли базового земельного массива используют также подводный комбайн, конструкции Академии МАНЭБ, который с помощью шнекового режущего органа забирает морской грунт и транспортирует его с помощью землесоса по гидротрубопроводу. Высота возводимого земельного массива должна быть не менее 4,0 м над уровнем Каспийского моря.

Следует отметить, что возведение земельного массива в прибрежной зоне Персидского залива в последнее время широко практикуется в Арабских Эмиратах. В 2018г. в Нигерии в прибрежной зоне Атлантического океана г. Лагоса возведен земельный массив для строительства жилого многоэтажного массива для 250,0 тыс. жителей. [1].

После возведения в 2021г. прибрежной земельной зоны площадью 600,0 га на конкурсной основе осуществляется коммерческая продажа земельных участков площадью 20,0га каждый.

Коммерческая стоимость продаваемых земельных участков площадью 20,0 га. (2000 соток) составляет 75,0 тыс. руб. за 1 (одну сотку). Для сравнения, стоимость 1-ой сотки на побережье Черного моря также составляет 75,0 тыс. руб./2/. Всего стоимость 1(одного) участка 2,0 тыс. соток составляет:

$$2,0 \text{ тыс. соток} \times 75,0 \text{ тыс. руб./сотка} = 150,0 \text{ млн. руб.}$$

За продажу 25,0 земельных участков можно получить:

$$25,0 \text{ участков} \times 150,0 \text{ млн. руб.} = 3,75 \text{ млрд. руб.}$$

Указанные финансовые средства позволяют возместить все затраты, связанные с возведением в Каспийском море указанного базового земельного массива площадью 600 га.

Проектирование Гранд-отелей предусмотрено осуществить Творческим коллективом Академиков МАНЭБ, работающих в Московском Архитектурном Институте МАРХИ, под руководством доктора архитектуры, профессора МАРХИ, заведующей кафедрой «Градостроительство» при ФГБУ «ЦНИИП Минстроя России» Петровой Зои Кирилловны.

Строительство Гранд-отелей Туристического кластера «Курорты Астрахани» предусмотрено осуществлять, используя опыт эксплуатации отелей мирового уровня, типа Лазурного берега Франции, отелей на побережье Средиземного моря, Туристического кластера «Анталия», Турция.

Рекламный проспект туристического комплекса Klub “NENA”, Германия, построенного на Средиземноморском побережье Турции, район Анталия, представлен на рисунке 2.

На Каспийском море, Республика Туркменистан в 2018г. ввела в эксплуатацию Туристическую зону «Аваза», которая может принять 7000 отдыхающих. Стоимость строительства составила 2,0 млрд. долл. Для лечения используется черная лечебная мазь. Оплата за пребывание и лечение составляет 70 долларов в сутки. [3]

В Дагестане строится крупный всесезонный туристический комплекс под названием «Сардар» площадью в 20га стоимостью 1,07 млрд. руб. [4]

Финансирование Туристического комплекса «Курорты Астрахани» предусмотрено осуществить на основе создания Государственно-частной научно-производственной организации, учредителем которой будет Правительство Астраханской области. Международная Академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности готова войти в состав данной организации, привлечь потенциал Академиков МАНЭБ России и зарубежных стран для разработки технико-экономических заданий и решений реализации данного проекта.

Строительство прибрежной зоны 600 га, комфортабельной дороги от Аэропорта Астрахань до посёлка Тимашково, инфраструктурные объекты электроснабжения,

водоснабжения, канализации с очистными сооружениями будет профинансировано в соответствии с Указом Президента России В.В. Путина, в связи с необходимостью обеспечить отдых российских людей на своей территории, а не ездить за границу. При этом финансовые средства за счет продажи земельных участков в сумме 3,75 млрд. рублей будут использованы для решения экологических задач по очистке Волги от ила и плавающего мусора, а также внедрения новой технологии очистки от мусора территории г. Астрахани.



Рисунок 2 Проспект туристического комплекса Klub “NENA”, Германия, построенного на Средиземноморском побережье Турции, район Анталия.

Строительство Гранд-отелей осуществляется за счёт финансовых средств владельцев выкупленных земельных участков площадью 20,0 га в соответствии с индивидуальными проектами Института МАРХИ.

При эксплуатации Гранд-отелей будут задействованы до 3,0 тысяч человек обслуживающего персонала, для которых будет построены многоэтажные здания в посёлке Тимашково для временного проживания служебного персонала.

Налоговые отчисления от эксплуатации Туристического кластера «Курорты Астрахани» будут поступать в федеральный и местный бюджеты и будут использованы для превращения г. Астрахань в современный, комфортный для проживания город.

Организация такого объекта, с развитой инфраструктурой, привлечением средств федерального бюджета Ростуризма, министерства экономики, министерства транспорта Российской Федерации требует включения в долгосрочную стратегию развития Астраханской области

Реализация проекта «Курорты Астрахани» создаст предпосылки для экономического роста Астраханской области, в первую очередь туристической отрасли, здравоохранения, судостроения, гражданского и дорожного строительства.

Решение экологических проблем низовья Волги с восполнением рыбных запасов совпадет с Проблемой очистки Волги и сохранения водных ресурсов, финансируемой Правительством Российской Федерации.

Организация такого крупного проекта как «Курорты Астрахани» позволит организовать новую туристическую и курортную зону притяжения для комфортного отдыха россиян.

Участие в данном проекте Международной Академии МАНЭБ позволит придать научную окраску в области экологии территории. Будут использованы научные исследования в области здравоохранения.

### **Библиография**

1. Ольга Фролова «Не хуже Эмиратов и Катара: Нигерия строит новый город прямо в Атлантическом океане». Реклама TravelAsk. Яндекс. 09.09.2020
2. «Коттеджный поселок «Дельфины» О жилом комплексе «Дельфины». На Черном море, Яндекс 26.09.2020
3. «Аваза», Википедия Туркменистан. Курорт на востоке Каспийского моря. Яндекс, Yandex.ru 02.10.2020
4. «Дагестан: строится крупный всесезонный туристический комплекс на Каспийском море за 1 млрд. рублей» Avia АП Путешествия. Горящие туры. Курорт. Яндекс+Дзен. 09.10.2020

## В ПОРЯДКЕ ОБСУЖДЕНИЯ

УДК 621.039

### РАЗВИТИЕ И ОСОБЕННОСТИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ В ПАРПРОИЗВОДЯЩЕЙ УСТАНОВКЕ С ПРЯМОТОЧНЫМИ ПАРОГЕНЕРАТОРАМИ

**Пейч Н.Н.**, кандидат технических наук, профессор кафедры энергетики, e-mail: nikreitch@mail.ru, **Маловик Д.С.**, студент, e-mail: dimamalovik@gmail.com – СПбГМТУ, **Кича М.А.**, младший научный сотрудник, e-mail: rulmaks@bk.ru, **Михайленко В.С.**, научный сотрудник, e-mail: vamih60@yandex.ru – Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова»

**Аннотация.** Естественная циркуляция теплоносителя способствует надежности и безопасности морских реакторных установок, особенно в аварийной ситуации с полным обесточиванием энергоустановки. В этой связи использование технических и конструктивных решений для возникновения естественной циркуляции является целесообразными. В статье рассматриваются свойства естественной циркуляции, варианты компоновки реакторной установки, необходимость естественной циркуляции, особенности прямоточного парогенератора на аварийных и штатных режимах.

**Ключевые слова:** естественная циркуляция теплоносителя, парогенератор, движущий напор, надежность, саморегулирование.

### DEVELOPMENT AND FEATURES OF NATURAL CIRCULATION IN A STEAM GENERATING PLANT WITH A DIRECT-FLOW STEAM GENERATOR

**Peich N.N., Malovik D.S., Kicha M.A., Mikhailenko V.S.**

**Annotation.** The natural circulation of the coolant contributes to the reliability and safety of offshore reactor installations, especially in an emergency situation with a complete deenergization of the power plant. In this regard, the use of technical and design solutions for the emergence of natural circulation (NC) is appropriate. The article discusses the properties of the NC, the options for the layout of the reactor plant, the need for the NC, the features of the ramjet steam generator in emergency and normal modes.

**Keywords:** natural circulation of the coolant, steam generator, driving pressure, reliability, self-regulation.

#### Введение

Естественная циркуляция теплоносителя (ЕЦТ) способствует надежности и безопасности морских реакторных установок особенно в аварийной ситуации с полным обесточиванием энергоустановки [1]. Поскольку при обесточивании исключается возможность работы всех циркуляционных насосов, обеспечивающих движение охлаждающих сред, то возникает проблема охлаждения активной зоны и отвода остаточных тепловыделений.

В ходе развития судовых энергоустановок были обеспечены их безопасность и надежность за счет внедрения ЕЦТ.

«Особенности паропроизводящей установки с естественной циркуляцией теплоносителя». В установках с однофазным теплоносителем естественная циркуляция (ЕЦ) происходит за счет изменения плотности теплоносителя по замкнутому циркуляционному контуру при наличии разности высот размещения источника тепла и теплообменника для отвода тепла. Условием существования ЕЦ является расположение парогенератора (ПГ) выше активной зоны (АЗ), в этом случае средняя плотность опускающегося теплоносителя всегда будет больше средней плотности в подъемном участке [3].

Режим ЕЦТ является установившимся в случае, когда гидравлический напор полностью расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений первого контура.

В замкнутом контуре с прямоточным ПГ движущий напор зависит от режима работы ПГ вследствие как изменения температур теплоносителя на подъемном и опускном участках, так и от смещения по высоте парогенератора, экономайзерного и испарительного участков теплообмена [4]. Данная зависимость представлена в виде цикла ABCD, где точка А вход в АЗ в которой происходит нагрев теплоносителя, увеличение температуры и уменьшение плотности, точки ВС подъемный участок, точки DA опускной участок, схема представлена на рис. 1.

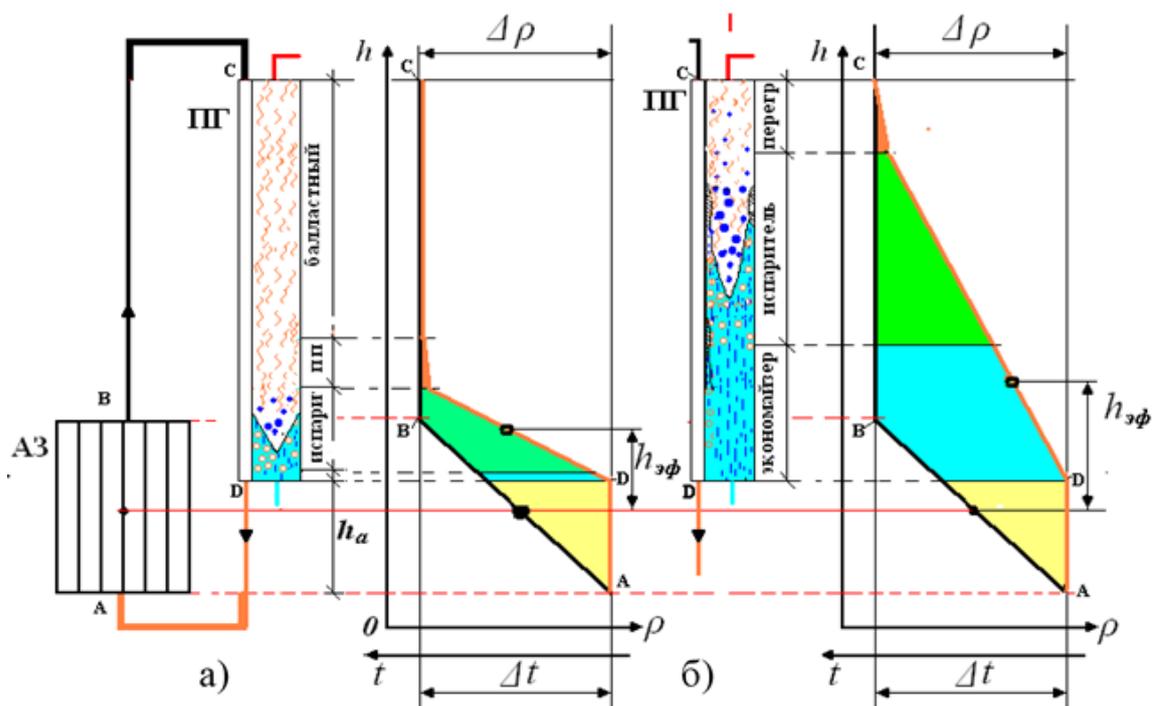


Рисунок 1. Схема контура ЕЦТ с прямоточным ПГ:

а – режим малой мощности ППУ; б – режим 100 % мощности ППУ

На режиме малой мощности участки смещаются ко входу в парогенератор по питательной воде, поэтому увеличение плотности происходит на малой площади этих участков. Балластный участок, на котором температура теплоносителя не снижается, и занимающий большую часть высоты контура циркуляции, не дает никакого вклада в движущий напор циркуляции.

**Применение естественной циркуляцией теплоносителя.** Применение ЕЦТ в морских объектах позволило обеспечить полную независимость реакторной установки от внешних

источников энергии в режиме аварийного расхолаживания и создать систему безбатарейного расхолаживания (ББР) [2]. При реализации ЕЦ возможно ее применение при пуске и разогреве паропроизводящей установки, без работы циркуляционных насосов [2]. Уровень тепловой мощности при ЕЦ достаточный для обеспечения с помощью паропроизводящей установки ходовых режимов. Увеличение мощности возможно до уровня, при котором нагрев теплоносителя в АЗ достигает значения нагрева при 100 % мощности. Это позволяет плавучему объекту вернуться на базу без использования дополнительных источников энергии. На маломощных ходах применение ЕЦ исключает виброактивный центральный насос первого контура (ЦНПК), но добавляет зависимость циркуляции теплоносителя от крена и дифферента [6].

**Развитие использования естественной циркуляцией теплоносителя.** Предпосылками применения ЕЦ стала необходимость обеспечения аварийного расхолаживания реактора в условиях аварийного обесточивания. В реакторных установках с петлевой компоновкой трубопроводов и оборудования первого контура, а также малым смещением по вертикали прямооточного ПГ относительно активной зоны, ЕЦ не могла быть реализована.

Переход к блочной компоновке создал благоприятные условия для реализации ЕЦ, однако малое смещение ПГ по вертикали относительно активной зоны давало всего от 5 % до 7 % мощности [4]. Один из примеров блочной компоновки паропроизводящей установки КЛТ-40С представлен на рисунке 2.



Рисунок 2. Блочная реакторная установка КЛТ-40С

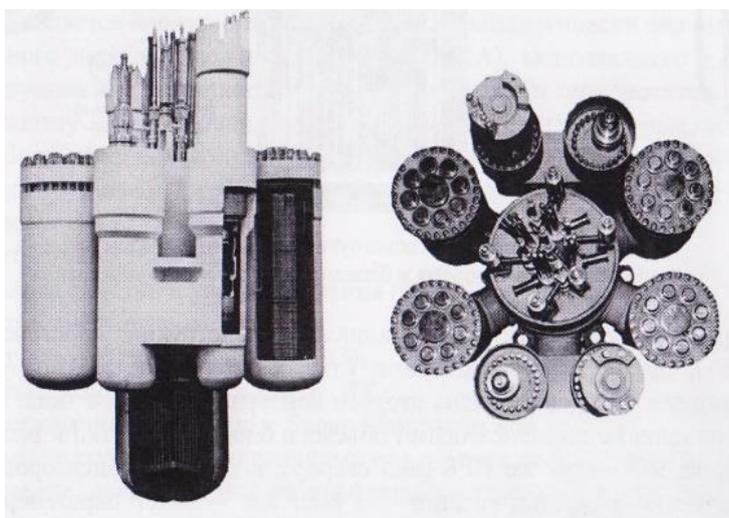


Рисунок 3. Блочная реакторная установка ОК-650Б [1]

Расположение ПГ выше АЗ позволило использовать ЕЦ, благодаря чему получилось сократить количество ЦНПК до 2-х, так как даже при их аварийном выходе из строя судно сохраняет возможность вернуться на базу. Была создана система ББР [1]. Установка с ПГ расположенными выше АЗ представлена на рисунке 3.

Для использования ЕЦТ на 100 % мощности наиболее приспособлен моноблок благодаря снижению гидравлического сопротивления. При этом исключаются режимы перехода с ЕЦТ на ЦНПК с малой скоростью и переход с малой скорости на большую, которые вызывают изменение реактивности АЗ. Для варианта плавучей АЭС в ОКБМ разработан проект моноблочной реакторной установки АБВ-6Э полностью с ЕЦТ тепловой мощностью 38 МВт [5].

### Выводы

1. Реализация применения ЕЦТ в морских ЯППУ позволило повысить их надежность и живучесть в результате сохранения циркуляции в условиях аварийного обесточивания.

2. Движущий напор в замкнутом контуре с прямоточным ПГ зависит от режима работы ПГ вследствие как изменения температур теплоносителя на подъемном и опускном участках, так и от смещения по высоте ПГ участков теплообмена.

3. Переход от петлевой компоновки энергоустановки к блочной и моноблочной позволяет применить ЕЦТ вплоть до исключения из компоновки ЦНПК.

### Библиография

1. Благовещенский А.Я., Гусев Л.Б. Этапы реализации использования естественной циркуляции теплоносителя в корабельных ЯЭУ // Технологии обеспечения жизненного цикла ядерных энергетических установок. Изд. НИТИ им. А.П. Александрова № 2(20) 2020 г.
2. Саркисов А.А., Пучков В.Н. Физические основы эксплуатации ядерных паропроизводящих установок. – М.: Энергоатомиздат, 1989. –504 с.
3. Саркисов А.А., Гусев Л.Б., Калинин Р.И. Основы теории и эксплуатации судовых ядерных реакторов. Наука, 2008.
4. Шаманов Н.П., Пейч Н.Н., Дядик А.Н. Судовые паропроизводящие установки. – Л.: Судостроение, 1990. –368 с.
5. Мельников Н.Н., Гусак С.А., Наумов В.А. Реакторные установки для энергоснабжения арктических регионов России: оценка приоритетности атомных энергоисточников. Вестник МГТУ. 2017. Т.20, №1/1. С. 21-30.
6. Хлопкин Н.С. Морская атомная энергетика: учебное пособие. – М.: МИФИ, 2007. –244 с.

УДК 541.136

## ОСНОВНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ХИМИИ КАТОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

**Пакальнис В.В.**, начальник НЭК-1, ОАО «Аккумуляторная Компания «Ригель»;  
**Зайцева В.В.**, кандидат химических наук, старший научный сотрудник,  
e-mail: viktoriapakalnis@mail.ru;

**Михайленко В.С.**, научный сотрудник; НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «ВМА».

**Аннотация.** В статье кратко рассмотрены достижения химии катодных материалов для литий-ионных аккумуляторов (ЛИА) и намечены пути их дальнейшего совершенствования. Основное внимание уделено нашедшим практическое применение материалам на основе  $\text{LiNiO}_2$  и  $\text{LiCoO}_2$  и их производным, описаны их особенности и недостатки.

**Ключевые слова:** литий-ионные аккумуляторы, интеркаляция/деинтеркаляция, циклирование, слоистые материалы, шпинели.

## MAIN TRENDS IN CATHODE MATERIALS CHEMISTRY FOR LITHIUM ION BATTERIES

**Pakalnis V.V., Zaitseva V.V., Mikhailenko V.S.**

**Annotation.** The article briefly discusses main trends in the chemistry of cathode materials for lithium ion batteries and ways of their improvement. The main attention is devoted to practically efficient materials based on  $\text{LiNiO}_2$  and  $\text{LiCoO}_2$  and their derivatives, their advantages and disadvantages shown.

**Key words:** lithium-ion batteries, intercalation/deintercalation, cycling, layered materials, spinels.

В течение последних тридцати лет интенсивно исследуются химические источники тока на основе литий-ионных электрохимических систем [1-7]. Литий-ионные аккумуляторы (ЛИА), обладая лучшими удельными характеристиками, вытесняют «традиционные» источники тока. Большая вариативность удельных характеристик ЛИА по сравнению с другими перезаряжаемыми источниками тока обязана применению различных электродных материалов и конструкционным решениям.

Исследовательская работа в области ЛИА направлена на повышение рабочих характеристик всех компонентов аккумулятора, определяющими из которых являются материалы катода и анода, а также состав электролита. Основными свойствами катодного материала являются теоретическая удельная емкость и потенциал интеркаляции/деинтеркаляции ионов лития. Если эти параметры достаточно высоки, проводят исследования практических свойств материала: измеряют практическую удельную емкость, электронную и ионную проводимость, исследуют стабильность кристаллической структуры, безопасность эксплуатации. В последнее время интерес сосредоточен на изучении оксидов и кислотных солей металлов первого переходного ряда, которые, благодаря переменной валентности, обуславливают возможность интеркаляции/деинтеркаляции. По типу аниона катодные

материалы делят на оксидные и полианионные. Оксиды в зависимости от кристаллической структуры разделяются на слоистые соединения и шпинели.

Слоистые оксиды с общей формулой  $\text{LiMO}_2$ , где  $M - \text{Co}, \text{Ni}$ , обладают наибольшей теоретической удельной емкостью, высокими удельными объемными и массовыми характеристиками. Недостатками слоистых структур являются высокая стоимость, токсичность кобальта, неустойчивость материалов в высокой степени заряженности и, как следствие, высокая пожароопасность [1].

**Слоистые оксиды  $\text{LiMO}_2$ .** На сегодняшний день кобальтат лития  $\text{LiCoO}_2$  является единственным слоистым материалом на основе одного переходного элемента (кобальта), нашедшим широкое применение в качестве электродного материала ЛИА. Смешанные оксиды лития с другими элементами первого переходного ряда либо не образуют стабильной слоистой структуры, либо образующаяся слоистая структура не обеспечивает требуемые электрохимические свойства (обратимую удельную емкость, ионную и электронную проводимость). Помимо кобальта из всех элементов переходного ряда только никель образует устойчивую фазу со слоистой структурой, однако ее качество зависит от условий синтеза и непосредственно сказывается на электрохимических свойствах материала. Коммерческое применение в настоящее время нашли различные смешанные варианты  $M = \text{Ni}, \text{Co}, \text{Mn}$  в различных соотношениях, роль кобальта в которых заключается в том, чтобы подавить разупорядочение слоев лития и переходного элемента [8].

Одновременное присутствие в оксиде  $\text{Li}$  и  $\text{Ni}$  отвечает за мощностные характеристики материала. В связи с этим подробно изучена серия материалов состава  $\text{LiCo}_x\text{Ni}_y\text{Mn}_{1-x-y}\text{O}_2$ . Введение ионов кобальта способствует повышению устойчивости материала. Литий-обогащенные материалы  $\text{Li}[\text{Li}_{1/3-2x/3}\text{Ni}_x\text{Mn}_{2/3-x/3}]\text{O}_2$  также обладают слоистой структурой и обеспечивают наиболее высокую обратимую емкость [3].

**Композитные катодные материалы.** Композитные катодные материалы расширяют спектр свойств слоистых оксидов. Например, фосфатное покрытие способствует сохранению емкости, моноклинный  $\text{LiMnO}_3$  действует как источник ионов лития и улучшает сохраняемость емкости при циклировании  $\text{LiMO}_2$  материалов. Шпинели объединяют со слоистыми оксидами для расширения рабочего диапазона напряжений. Добавки в катодный материал меняют его морфологию и геометрию, сказываясь на улучшении характеристик полученных электродов.

Помимо простого смешивания, композитные материалы могут быть получены путем нанесения одного катодного материала на другой. Например, покрытие  $\text{Co}_3\text{O}_4$  существенно повысило циклические и мощностные характеристики  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ . Предполагается, что оно уменьшает деградацию электрода. Нанесение кобальт-марганцевого покрытия на  $\text{LiNiO}_2$  снижает потерю емкости при циклировании, препятствуя фазовым превращениям, характерным для этого материала [1].

**Эффект допирования.** Помимо изменения рабочих характеристик материалов допанты могут менять его морфологию и микроструктуру, в связи с чем интерпретация эффектов при допировании осложняется.

Для материалов на основе никеля, марганца и кобальта в качестве допирующей добавки использовали оксид железа. Установлено, что железо повышает емкость  $\text{LiNiO}_2$ ,  $\text{LiMnO}_3$ ,  $\text{LiNi}_{0.125}\text{Mn}_{0.75}\text{Co}_{0.125}\text{O}_2$ .

При добавлении рутения в шпинели  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ,  $\text{LiMn}_{1.5}\text{Ni}_{0.5}\text{O}_4$ ,  $\text{LiFePO}_4$  наблюдается стабилизация кристаллической структуры, также положительный эффект достигается за счет

окислительно-восстановительной пары  $\text{Ru}^{4+}/\text{Ru}^{5+}$ . Рутений также применялся в виде оксида  $\text{RuO}_2$ .

Образуя соединения со шпинелями, хром уменьшает упорядочивание литиевых ионов в  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ , стабилизируя одну фазу шпинели и повышая сохраняемость емкости при циклировании.

Известно положительное влияние добавок цинка и  $\text{ZnO}$  или  $\text{ZnMn}_2\text{O}_4$  в качестве покрытия, которое подавляет побочные реакции между электродом и электролитом.

Допирование титаном и цирконием сходно по действию: происходит стабилизация кристаллической структуры материала, а при использовании их оксидов в качестве покрытий наблюдается уменьшение взаимодействия электролита с материалом катода.

Распространенным допирующим агентом для катодных материалов является алюминий. Его добавки способны как повышать, так и понижать емкость электродного материала. Снижение емкости ожидаемо, поскольку  $\text{Al}^{3+}$  не может быть окислен, следовательно, каждый замещенный ион переходного металла – потерянная емкость. Случаи увеличения емкости объясняются влиянием на кинетику процесса, структурными и микроструктурными положительными изменениями. Зачастую алюминий вводится в материал вместе с кобальтом для повышения стабильности материала или в виде покрытия, увеличивающего емкость ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , оксид алюминия кобальта,  $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{La}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ,  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{AlF}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_3\text{AlF}_6$ ).

Допирование магнием не всегда приводит к положительным результатам. Однако покрытия  $\text{MgO}$  и  $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$  способны улучшить работу электрода благодаря снижению взаимодействия катодного материала с электролитом. Замещение магния более крупным щелочно-земельным элементом – кальцием – может привести к увеличению параметра решетки, и, следовательно, емкости.

Влияние лантана изучено для катодов на основе  $\text{LiFePO}_4$  и  $\text{LiCoO}_2$ . Положительное влияние лантана сказывается в формировании проводящей фазы  $\text{La}_2\text{Li}_{0.5}\text{Co}_{0.5}\text{O}_4$ , улучшающей перенос ионов через границу раздела электрод-электролит. Подобное контактное сопротивление имеет большое значение, и добавки оксидов могут улучшить контакт между частицами материала или между электродом и электролитом. Аналогичный эффект описан для добавок  $\text{CeO}_2$  и, в меньшей степени,  $\text{SiO}_2$ .

К оксидам, повышающим сохраняемость емкости за счет снижения реакционной способности и/или образования полезного продукта реакции с электролитом, относятся  $\text{Y}_2\text{O}_3$ ,  $\text{YPO}_4$ ,  $\text{V}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SnO}_2$ . Некоторые из перечисленных элементов используются в чистом виде в качестве допантов, стабилизирующих кристаллическую структуру. Добавки родия, меди, индия оказывают аналогичное действие.

Допантом, замещающим кислород, является фтор, который содержится в традиционной электролитической соли  $\text{LiPF}_6$ . Допирование фтором повышает емкость шпинелей за счет увеличения параметра решетки [1].

Поскольку реакция на электроде протекает с участием электронов и ионов, одним из подходов к улучшению работы электрода является добавление проводящей фазы, способствующей переносу заряда. Примером служит напыление слоя золота или серебра, однако, наиболее распространенным допантом для повышения проводимости является углерод. Как правило, он вводится в электрод для более эффективного использования активного материала, особенно при работе с большими разрядными токами. Эффективность углеродной добавки зависит от количества и типа углерода. Тонкий слой углерода может обеспечить путь для

электронов, не блокируя доступ для ионов лития. Оптимальное количество углерода составляет от 2 до 10 % в зависимости от микроструктуры и условий работы. Углерод в виде графита обеспечивает более высокую электропроводность и, следовательно, более высокие емкости при больших токах, поэтому более высокое соотношение  $sp^2/sp^3$  предпочтительнее. Также важна площадь удельной поверхности частиц, поэтому нановолокна и сажа оказываются наиболее эффективными. Тип и морфология наносимых углеродных покрытий зависит от источника углерода, которым может быть глюкоза, сахароза, малоновая кислота, олигомеры и полимеры.

**Влияние микроструктуры и морфологии.** Интеркаляция и деинтеркаляция происходят вдоль определенных кристаллографических плоскостей и направлений, поэтому более высокая степень кристалличности способствует лучшей работе электрода. Поскольку электродная реакция протекает на поверхности и связана с переносом ионов в объем электродного материала, предпочтительны более мелкие частицы, обладающие большей площадью поверхности и имеющие меньший путь диффузии. Однако уменьшение размера частиц может привести к тому, что лимитирующей станет другая стадия, например, диффузия ионов в электролите. Кроме того, высокая реакционная способность наночастиц может отрицательно сказаться на безопасности и устойчивости при длительной эксплуатации. Также большое значение имеет контроль пористости для доступа электролита к поверхности электрода, форма частиц и морфология.

**LiCoO<sub>2</sub>.** Как отмечалось выше, кобальтат лития является одним из немногих материалов, имеющих широкое коммерческое применение в ЛИА. Практическая емкость LiCoO<sub>2</sub> сравнительно невысока: около 130 мАч/г, что связано с тем, что только половина лития может обратимо циклироваться без потери емкости, вызванной структурными изменениями в материале. Причиной этому могут служить два фактора: фазовые изменения, снижающие скорость реакций (процессов), и малая стабильность материала при низком содержании лития (высокие степени делитирования).

Коэффициент диффузии лития в LiCoO<sub>2</sub> составляет  $1 \cdot 10^{-11}$  см/с [9], что сравнимо с коэффициентом для LiTiS<sub>2</sub> ( $1 \cdot 10^{-12}$  см/с [10]). Высокие значения коэффициентов соответствуют способности циклироваться при плотности тока 4 и 10 мА/с, соответственно. Слабым местом кобальтата лития является электропроводность, существенно меняющаяся в зависимости от состава Li<sub>x</sub>CoO<sub>2</sub>. При  $x = 0,6$  он ведет себя как металл, а при  $x = 1,1$  (типичный Li-обогащенный материал, используемый в коммерческих аккумуляторах) это полупроводник. При этом электропроводность изменяется на 2-4 порядка при нормальной температуре и на 6 порядков при пониженной.

Удельная емкость LiCoO<sub>2</sub> может быть повышена до 170 мАч/г при циклировании в диапазоне 2,75-4,4 В без потери емкости на протяжении более 70 циклов при использовании металлоксидного или фосфатного покрытия. Механизм защиты связывается с подавлением реакционной способности Co<sup>4+</sup> при заряде по отношению к HF, содержащейся в электролите. Удаление источника HF повысило емкость кобальтата до 180 мАч/г в интервале до 4,5 В. При данном потенциале начинается фазовый переход, приводящий к существенному разупорядочению слоистой структуры, поэтому большей емкости от LiCoO<sub>2</sub> ожидать трудно [3].

Использование LiCoO<sub>2</sub> представляет экологическую проблему за счет присутствия в материале токсичного кобальта. Помимо этого, данный катодный материал достаточно дорогой. В связи с этим исследования в области слоистых структур сфокусировались на производных кобальта, в которых ионы кобальта частично или полностью замещены на ионы более распространенных и менее опасных переходных металлов, таких как Ni, Mn и другие.

**LiNiO<sub>2</sub> и его допированные производные.** Никелат лития, обладая высокой разрядной емкостью, является более дешевым и менее токсичным аналогом кобальтата лития, широко используемого в коммерческих устройствах. Основная сложность заключается в получении LiNiO<sub>2</sub> с заданной стехиометрией. При синтезе материала образуется соединение нестехиометрического состава Li<sub>1-z</sub>Ni<sub>1+z</sub>O<sub>2</sub>, что объясняется стабильностью двухвалентного никеля в его структуре, приводя к присутствию zNi<sup>2+</sup> в положениях лития и zNi<sup>2+</sup> в слоях никеля. Оптимальное значение z с точки зрения практического применения составляет 0,02 – материал демонстрирует хорошую циклируемость. В настоящее время ведутся исследования по стабилизации материала в заряженном состоянии для повышения безопасности ЛИА, а также уменьшению степени деградации по емкости [11, 12].

В случае замещенных материалов LiNi<sub>1-y</sub>M<sub>y</sub>O<sub>2</sub>, используемых в качестве положительного электрода в ЛИА, важны такие характеристики, как протяженность области образования твердого раствора, гомогенность на микроскопическом уровне и влияние замещающего катиона на стабильность двухвалентного никеля. Наиболее сложной задачей является достижение гомогенности, поскольку, когда количество частиц, которые должны занять одни и те же позиции, увеличивается, вероятность получения статистического распределения снижается, что ведет к проявлению эффекта разделения фаз или образованию кластеров.

Для практического применения LiNiO<sub>2</sub> необходимо:

- повысить стабильность делитированной фазы;
- уменьшить деградацию;
- повысить обратимую емкость.

Все эти параметры должны оптимизироваться одновременно.

Среди предложенных замещающих ионов в составе никелата лития кобальт важен с точки зрения получения слоистой структуры, которая ведет к уменьшению необратимой емкости и повышению обратимой. Помимо этого, наблюдается некоторое повышение стабильности материала в окисленном состоянии, однако, следует избегать включения замещающих ионов, увеличивающих 3D-характер (например, железа), так как они снижают способность к циклированию. Замещение алюминием защищает материал от сверхделитирования и одновременно стабилизирует его, обеспечивая более высокую безопасность.

С фундаментальной и экспериментальной точек зрения важным является вопрос «настройки» напряжения. Подобная «настройка» достигается частичным замещением ионов никеля несколькими ионами. В случае, если замещающий катион окисляется легче, чем никель, он будет окисляться на заряде в первую очередь, приводя к снижению напряжения элемента. Напротив, если замещающий катион более устойчив к окислению, он не будет принимать участие в процессе до тех пор, пока напряжение не увеличится до достаточно высоких значений. В обоих случаях присутствие замещающих ионов с отличными от никеля ионными радиусами, электроотрицательностью, электронной конфигурацией и т.д. может изменить окислительно-восстановительные энергетические уровни пары Ni<sup>3+</sup>/Ni<sup>4+</sup>, а, следовательно, и напряжение элемента.

В заключение необходимо отметить, что задача совершенствования катодных материалов является первостепенной для обеспечения потребности в хранении энергии в настоящее время и в будущем. Определенные материалы на основе переходных металлов способны обеспечить высокое рабочее напряжение и хорошую емкость, однако, остается актуальной задача повышения эффективности использования имеющихся материалов. Вопросы стабилизации

желаемой кристаллической структуры, предотвращения побочных реакций, снижения внутреннего сопротивления требуют новых подходов. К настоящему времени накоплен большой объем эмпирических данных о влиянии состава материала, микроструктуры и морфологии, но для эффективного использования этих рычагов необходим системный анализ влияния этих факторов и разработка теории ЛИА.

### Библиография

1. Xu B., Qian D., Wang Z., Meng Y. Sh. Recent progress in cathode materials research for advanced lithium ion batteries // *Materials Science and Engineering R* / 2012. Vol. 73. Pp. 51-65. DOI: 10.1016/j.mser.2012.05.003
2. Julien C. 4-Volt Cathode Materials for Rechargeable Lithium Batteries Wet-Chemistry Synthesis, Structure and Electrochemistry // *Ionics* / 2000. Vol. 6. Pp. 30-46.
3. Whittingham M.S. Lithium Batteries and Cathode Materials // *Chemical Reviews* / 2004. Vol. 104. No. 10. Pp. 4271-4302. DOI: 10.1021/cr020731c.
4. Kanno R. Positive Electrode: Lithium Nickel Oxide // *Reference Module in Chemistry, Molecular Sciences and Chemical Engineering, Encyclopedia of Electrochemical Power Sources* / 2009. Pp. 297-306.
5. Morales J., Pérez-Vicente C., Tirado J.L. Cation Distribution and Chemical Deintercalation of  $\text{Li}_{1-x}\text{Ni}_{1+x}\text{O}_2$  // *Mat.Res.Bull* / 1990. Vol. 25. Pp. 623-630.
6. Bruce P.G. Solid-State Chemistry of Lithium Power Sources // *Chem. Comm* / 1997. Is. 19. pp. 1817-1824. DOI: 10.1039/A608851B
7. Xu J., Hu E., Nordlund D., Mehta A., Ehrlich S. N., Yang X.-Q., Tong W. Understanding the degradation mechanism of lithium nickel oxide cathodes for Li-ion batteries // *Brookhaven National Laboratory* / 2017. Pp. 1-9. <https://www.bnl.gov/isd/documents/94386.pdf>
8. Chen C.H., Liu J., Stoll M.E., Henriksen G., Vissers D.R., Amine K. Aluminum-doped lithium nickel cobalt oxide electrodes for high-power lithium-ion batteries // *Journal of Power Sources*. 2004. Vol. 128. Pp. 278-285. DOI: 10.1016/j.powsour.2003.10.009.
9. Xia H., Lu L., Meng Y. Sh., Ceder G. Phase transitions and high-voltage electrochemical behavior of  $\text{LiCoO}_2$  thin films grown by pulsed laser deposition // *J. Electrochem. Soc.* // 2007. Vol. 154. No. 4. Pp. A337-A342. <https://www.researchgate.net/publication/238138878>.
10. Sayed F.N., Sreedhara M.B., Soni A., Bhat U., Datta R., Bhattacharyya A.J., Rao C.N.R. Li- and Na-ion diffusion and intercalation characteristics in vertically aligned  $\text{TiS}_2$  nanowall network grown using atomic layer deposition // *Mater.Res.Express* // 2019. Vol. 6. Pp. 115549-115561. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab3e19>.
11. Kalyani P., Kalaiselvi N. Various aspects of  $\text{LiNiO}_2$  chemistry: a review // *Science and Technology of Advanced Materials* / 2005. Vol. 6. Pp. 689-703. DOI: 10.1016/j.stam.2005.06.001.
12. Delmas C., Péres J.P., Rougier A., Demourgues A., Weill F., Chadwick A., Broussely M., Perton F., Biensan Ph., Willmann P. On the behavior of the  $\text{Li}_x\text{NiO}_2$  system: an electrochemical and structural overview // *Journal of Power Sources* / 1997. Vol. 68. Pp. 120-125.

**НЕКРОЛОГ****ПАМЯТИ СЕРГЕЯ АНДРЕЕВИЧА ФАУСТОВА**

Ушел из жизни на 76-ом году Сергей Андреевич Фаустов, академик МАНЭБ, председатель секции «Охрана труда», доктор медицинских наук, доцент Высшей школы техносферной безопасности Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

Неожиданная кончина нашего коллеги оборвала его научно-педагогическую деятельность, полную новых замыслов и научных идей. Коренной петербуржец, С.А.Фаустов после получения медицинского образования почти сорок лет проработал в НИИ охраны труда в Петербурге, где развивал полученные знания в сфере физиологии труда, санитарной гигиены, разработки средств индивидуальной защиты, в исследовании условий труда, в частности, в сварочном производстве, и в других направлениях охраны труда, связанных с его научными интересами и тематикой НИИ.

Успешная работа, которая начиналась с должности младшего научного работника привела Сергея Андреевича последовательно по служебной лестнице к руководству НИИОТ, а результаты его научной деятельности стали предметом более 130 научных статей, монографий, справочников по охране труда. Особенно следует выделить роль Сергея Андреевича как участника и руководителя разработок национальных стандартов России в области СИЗ органов дыхания.

С 2013года Сергей Андреевич работал в Санкт-Петербургском политехническом университете, где передавал свои знания и опыт молодому поколению, продолжая свою научную деятельность. Он был участником и организатором многих конференций, в том числе МАНЭБ.

Доброжелательный, отзывчивый, тактичный, Сергей Андреевич пользовался большим уважением всех, кто с ним общался и работал.

**Светлая память дорогому Сергею Андреевичу! Глубокие соболезнования его семье, родственникам, коллегам, всем, кто его знал!**

**Президиум МАНЭБ,  
члены академии**

**Учредитель и издатель журнала:**

**Международная академия наук экологии безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ)**

**Издательство «БЕЗОПАСНОСТЬ»**

**Адрес редакции:**

194021, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5

тел./факс: (812) 670-93-76, e-mail: [vestnik\\_maneb@mail.ru](mailto:vestnik_maneb@mail.ru).

**Технический редактор:** кандидат технических наук Н.Г. Занько

**Корректор:** кандидат технических наук О.В. Крюкова.

**Отпечатано в цифровой типографии ИП Павлушкина В.Н.**

Санкт-Петербург, Греческий проспект, 25

Свидетельство о регистрации 78 № 006844118 от 06.06.2008

Сдано в набор 28.12.2021. Подписано в печать 11.01.2022

Печать цифровая. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс»

Формат обрезной 205x290. Усл.изд.л.-8,350. Усл.печ.л.-7,810

Заказ 33/14. Тираж 500 экз.

Цена договорная