

ВЕСТНИК

МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ЭКОЛОГИИ И
БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Том 25

№ 1

2020



Санкт-Петербург

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

Теоретический и научно-практический журнал

Том 25, № 1**2020г.****Журнал основан в 1995 году****Учредитель журнала:** Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ).**Главный редактор:** доктор технических наук, профессор **Родин Геннадий Александрович****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 Ибрафил оглы** – доктор химических наук, профессор, член-корреспондент НАН Азербайджана**Паля Януш Янович** – доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Польша)**Пенджиев Ахмет Мырадович** – кандидат технических наук, доктор сельскохозяйственных наук, доцент (Туркмения)**Петров Сергей Афанасьевич** – доктор технических наук, профессор**Петров Сергей Викторович** – кандидат юридических наук, профессор**Чердабаев Магауия Тажигараевич** – доктор экономических наук, профессор (Казахстан)**Редакционная коллегия:****Баранова Надежда Сергеевна** – доктор сельскохозяйственных наук, доцент**Бардышев Олег Андреевич** – доктор технических наук, профессор**Воробьев Дмитрий Вениаминович** – доктор медицинских наук, профессор**Габибов Фахраддин Гасан оглы** – кандидат технических наук, старший научный сотрудник (Азербайджан)**Ибадулаев Владислав Асанович** – доктор технических наук, профессор**Грошинин 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**Родин Владислав Геннадьевич** – секретарь редакционной коллегии vestnik_maneb@mail.ru

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

Информация о журнале размещена на сайте 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

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ	4
Малаян К.Р., Логвинова Ю.В. Общность идей и действий ООН и МАНЭБ в создании будущего, которого достойно человечество	4
Раковская Е.Г., Рудов М.Е., Прохоров А.С. Исследование загрязнения почв тяжелыми металлами.....	13
Шереметьев В.М. Реакция земной коры на взрыв водородной бомбы, произведенный Северной Кореей 3 сентября 2017 года.....	18
Носенко В.Д. Как преодолеть глобальное потепление	23
ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....	30
Бардышев О.А. О системном подходе к обеспечению безопасности оборудования	30
Попов В.А., Коровин С.К., Уралов В.Л., Филин А.Н. Опыт экспертизы промышленной безопасности эскалаторов в Санкт-Петербурге	36
МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	47
Ахундов Р.Г., Ахмедова А.Г., Даньялов Ш.Д., Мустафаев И.И. Радиационно-стимулированные процессы получения активного угля	47
Ивахнюк Г.К., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Исследование возможности применения бегулина для очистки воды от вредных примесей	55
Зайцева В.В., Михайленко В.С. Основные направления развития электрохимического метода газового анализа	62
Фокичева Е.А., Воропай Л.М., Тихановская Г.А. Повышение эффективности процессов очистки сточных вод от отходов органического происхождения.....	71
ИНФОРМАЦИЯ.....	76
Информационное письмо о проведении Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию Организации Объединенных Наций под девизом « <i>Будущее, которого мы хотим</i> ».....	76
Редакционная политика журнала «Вестник МАНЭБ»	78

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 614

ОБЩНОСТЬ ИДЕЙ И ДЕЙСТВИЙ ООН И МАНЭБ В СОЗДАНИИ БУДУЩЕГО, КОТОРОГО ДОСТОЙНО ЧЕЛОВЕЧЕСТВО

Малаян К.Р. кандидат технических наук, доцент, **Логвинова Ю.В.** ассистент; Высшая школа техносферной безопасности Инженерно-строительного института Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого

Аннотация. Рассматриваются роль и задачи ООН, созданной в 1945г. для сохранения мира и дальнейшего развития человечества. Идеи устойчивого развития цивилизации, изложенные в основополагающих документах ООН, совпадают с целями и задачами МАНЭБ, которые реализуются в деятельности членов Академии, а результаты представляются на различных международных конференциях, в т.ч. под эгидой ООН, ассоциированным членом которой с 2000г. является МАНЭБ.

Ключевые слова: глобальная безопасность, экологический кризис, устойчивое развитие, Научные чтения, тематические конференции.

A COMMONALITY OF IDEAS AND ACTIONS OF THE UN AND MANEB IN CREATING THE FUTURE THAT HUMANITY DESERVES

Malayan, K.R., Logvinova Yu.V.

Abstract. The role and tasks of the UN, created in 1945, are examined. to preserve peace and further development of mankind in the face of global threats of a socio-economic and environmental nature. The ideas of the sustainable development of civilization set forth in the fundamental documents of the UN coincide with the goals and objectives of the MANEB, which are implemented in the activities of the Academy members, and the results are presented at various international conferences, including under the auspices of the UN, an associate member which since 2000 is MANEB.

Key words: global safety, environmental crisis, sustainable development, Scientific readings, thematic conferences.

Организация Объединенных Наций, 75-летний юбилей которой отмечается в этом году. момента первоначальной идеи объединения стран в борьбе против нацистской Германии и её союзников в августе 1941 года и до её оформления в виде высшего международного органа, официально наступившей 24 октября 1945 г., после вступления Устава ООН в законную силу, задумывалась с целью «избавления грядущих поколений от бедствий войны, принесшей человечеству невыразимое горе».

Следует заметить, что жаркие споры между представителями великих держав (СССР, США и Великобритании) на разных этапах создания ООН: на Московской конференции министров иностранных дел, в октябре 1943 г., на Ялтинской конференции руководителей стран-победителей - Сталина, Рузвельта, Черчилля, 4-11 февраля 1945 г.,

а также на Международной конференции 50 государств в Сан-Франциско, которая длилась с 25 апреля по 26 июня 1945 г., увенчались достижением компромиссов о полномочиях, принципах и других организационных основах создаваемой структуры, направленной, в первую очередь, на достижение долгосрочного мира и безопасности.

Несомненной заслугой ООН является недопущение глобальной войны на протяжении всей её деятельности, несмотря на многочисленные военные конфликты, возникающие в различных частях света. Примечательно, что первой резолюцией, принятой Генеральной Ассамблеей ООН, являющейся её главным совещательным, директивным и представительным органом, которая проходила ещё в Великобритании в Вестминстерском дворце 10 января 1946 г., была резолюция, посвящённая мирному использованию атомной энергии и ликвидации атомного и других видов оружия массового уничтожения.

Главную ответственность за поддержание международного мира и безопасности несёт Совет Безопасности. Однако кроме перечисленных основополагающих целей, ООН стала органом, определяющим многочисленные направления мирной жизни, которые являются содержанием важнейшей структуры ООН - Экономического и Социального Совета (ЭКОСОС). ЭКОСОС координирует сотрудничество стран в экологической и социальной сфере в рамках специализированных учреждений ООН. Генеральный секретарь ООН является лицом, уполномоченным представлять и делать заявления от имени ООН, а также сообщать Совету Безопасности о возможных угрозах миру.

Человечество, в определенной мере защищённое от больших военных авантур, в том числе и миротворческими силами ООН, в своём развитии подвергается новым глобальным угрозам. Глобальные проблемы возникают вследствие природных явлений, в том числе и космического происхождения, но ещё больше от развития самого человечества с присущими ему противоречиями, кризисами, новыми опасностями социально-экономического, техногенного, экологического и иного характера.

Человек, осуществляя в прошлом деятельность на Земле в собственных интересах, не заботился о биосфере, законы которой не знал. Созданная человеком техносфера, оказавшая сильное отрицательное влияние на биосферу, поставила человечество перед серьёзным выбором, угрозой экологического кризиса.

Ученые многих стран стали задумываться о перспективах человеческой цивилизации, что привело к научным исследованиям в области прогнозирования глобальных процессов. Эти проблемы стали предметом изучения 30 европейских учёных, объединённых в 1968 г. в Римский клуб итальянским менеджером Аурелио Печчеи. Перед учеными, входящими в Римский клуб, были поставлены две основные задачи: 1) показать человечеству возникшие перед ним проблемы; 2) способствовать их решению.

Первые результаты математического моделирования показали, что человечество идет к неминуемой гибели. В дальнейшем был еще ряд проектов, итоги которых легли в основу идей Римского клуба, а именно:

— человек в своей деятельности должен исходить из возможностей окружающей его среды;

- возможности человека имеют физические и психологические пределы;
- необходимо изменить устройство мира;
- как разместить на планете людей, которых становится всё больше;
- как следует организовать производство, чтобы обеспечить людей на планете.

Понятно, что ООН не могла стоять в стороне от заявленных идей, и тема развития человеческой цивилизации стала ведущей в её деятельности.

Первая конференция ООН по проблемам окружающей человека среды прошла в Стокгольме 5-16 июня 1972 года. Она приняла декларацию, в которой было сформулировано 16 принципов, направленных на сохранение и улучшение окружающей среды (ОС), в том числе таких, как: ответственность человека за сохранение окружающей среды; защита невозполнимых ресурсов Земли; принятие мер для предотвращения загрязнения ОС и так далее. В том же году в докладе Римского клуба «Модели роста», сделанном американским кибернетиком Д. Медоузом, впервые появилось понятие «экологический кризис», что послужило толчком для дальнейших исследований ученых и темой будущих конференций.

Заметным программным документом стал представленный в 1987 году доклад Международной Комиссии по ОС и развитию под руководством экс-премьер-министра Норвегии Гру Харлем Брутланд с названием «Наше общее будущее». В нём, в частности, было дано определение понятию «устойчивое развитие», представляющее процесс согласованных изменений в различных сферах, которые укрепляют нынешний и будущий потенциал для удовлетворения человеческих потребностей и устремлений. Человечество, заявив об экологическом кризисе, угрозе жизни на Земле декларирует о необходимости жить с природой в гармонии и согласии.

Большой политический резонанс вызвал план действий, принятый конференцией ООН по ОС и развитию в Рио-Де-Жанейро в июне 1992 г. под названием «Повестка дня на XXI век» с целью устойчивого развития, в которой впервые принята международная стратегия развития земной цивилизации.

Однако геополитическая и демографическая ситуация на Земле такова, что человечество зная, что нужно делать и чего не надо делать, уже не в состоянии остановить развитие промышленности, сельского хозяйства и других видов деятельности, разрушая биосферу.

Кроме глобальных экологических опасностей, связанных с нарушением природных систем и имеющихся, как правило, опосредованный характер воздействия на человека, в процессе жизни и деятельности он подвергается непосредственным опасностям, в результате которых ежегодно заболевают, получают травмы на производстве и в быту миллионы людей, что в конечном итоге может привести к их летальному исходу. Актуальность проблемы безопасности в современном мире обострили как природные катаклизмы, так и разные техногенные трагедии, в частности, катастрофа на химкомбинате «Юнион Карбайд» в индийском городе Бхопале в 1982 г., авария на Чернобыльской атомной станции в 1986 г.

Глобальные вызовы, связанные с выживанием человеческой цивилизации, оказались взаимосвязаны, что привело к созданию новой области знаний, исследующей общие закономерности опасностей, возникающих в различных условиях обитания

человека и угрожающих как человеку и обществу в целом, так и всей человеческой цивилизации, которые вынуждена разрабатывать методы и средства защиты от этих опасностей.

Концептуальные вопросы глобальной безопасности жизни и деятельности людей и методы их решения формируются прежде всего в рамках ООН.

В то же время идеи Римского клуба, резолюции ООН, новые взгляды на проблемы безопасности и естественное стремление к их решению объективно способствовали тенденции к консолидации учёных и специалистов.

В условиях повышенного внимания к вопросам безопасности в Ленинграде по инициативе группы ученых и специалистов в июне 1989 года была создана общественная организация, получившая название «Ленинградский союз специалистов по безопасности деятельности человека», который действует и в настоящее время.

После нескольких лет успешной работы Союза специалистов появилось предложение по созданию более широкой организации, которая объединила бы не только специалистов производства, но и всех лиц, занимающихся широким спектром вопросов безопасности. Так родилась идея создания Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ), которая была учреждена в июне 1993 года в Санкт-Петербурге. Президентом МАНЭБ был избран профессор Русак Олег Николаевич. Объективными предпосылками для создания МАНЭБ были, как отмечалось выше: ухудшающаяся экологическая обстановка во многих регионах мира, рост числа экстремальных и чрезвычайных ситуаций в разных сферах деятельности человека; снижение общего уровня безопасности людей, вызванное природными, техногенными, экологическими, биологическими, социальными опасностями. В документах Академии подчёркивается, что она солидарна с призывом Римского клуба «Мыслить глобально, действовать локально» и в своих действиях придерживается идей добра и гуманизма, изложенных в девизе «Безопасность для всех, безопасность прежде всего».

В своей деятельности члены Академии руководствуются духом и целями основополагающих документов, принимаемых ООН. Одним из них является принятая Генеральной Ассамблеей ООН 8 сентября 2001 г. Декларация тысячелетия ООН, подписанная представителями 189 стран. В ней сформулированы следующие цели: ликвидация крайней нищеты и голода, обеспечение равенства мужчин и женщин, сокращение детской смертности, охрана материнства, борьба с ВИЧ/СПИДом, обеспечение экологической устойчивости, глобального партнерства.

Через 10 лет после конференции ООН по ОС и развитию, прошедшей в 1992 году в Рио-Де-Жанейро, состоялась Всемирная встреча на высшем уровне по устойчивому развитию (Рио+10), которая прошла в Йоханнесбурге в 2002 г. Первостепенное место в принятых документах также отводилось решению социальных вопросов для достижения устойчивого развития - прежде всего: искоренения бедности, развития здравоохранения, особенно санитарии, включая обеспечение чистой водой.

Важнейшим документом ООН является Декларация юбилейной конференции ООН по устойчивому развитию Рио+20, прошедшей 20-23 июня 2012 г. в бразильской столице, которая названа «Будущее, которого мы хотим» [1]. Основные проблемы, цели

и задачи были сочтены приемлемыми большинством участников и практически повторяют предыдущие документы в разной редакции.

Основной задачей Декларации названо «Построение экономически, социально и экологически устойчивого развития». При этом подчеркивается, что идею устойчивого развития необходимо продвигать на всех уровнях. Поставленные цели, как и раньше, имеют прежде всего социальное направление. Интересно, как ранжируются задачи Тысячелетия к 2015 году:

1. Сокращение вдвое доли населения, имеющего доход меньше 1 доллара в день.
2. Сокращение вдвое числа голодающих.
3. Сокращение на 2/3 смертности детей в возрасте до 5 лет.
4. Сокращение на 3/4 коэффициента материнской смертности.
5. Сокращение вдвое доли людей, не имеющих постоянного доступа к чистой воде.
6. Включение принципов устойчивого развития в стратегии и программы стран.
7. Зелёная экономика.

Трудно судить о достижении всех поставленных целей, но задачи обозначены, а последние две, получившие мощный импульс, находят своё развитие в практической деятельности многих государств.

МАНЭБ, руководствуясь Уставом и провозглашенными в нём целями и задачами, с первых шагов и на протяжении всех этапов формирования и работы Академии, придавал первостепенное внимание международной деятельности. Курс Президиума Академии направлен на активное взаимодействие с авторитетными международными организациями, и в первую очередь, с Организацией Объединенных Наций и её рабочими органами. Научно-технические достижения членов Академии, в конечном итоге, привели к тому, что в результате большой организационно-технической работы с 2000 г. МАНЭБ стала ассоциированным членом Департамента Общественной Информации (DPI-DON) ООН в Исполнительном комитете неправительственных организаций (NGO-НПИ), что было подтверждено письмом его руководителя г-на Поля Хёффеля от 12.01.2000г. в адрес Президента МАНЭБ О.Н. Русака, а с 2003 г. МАНЭБ является членом Экономического и Социального совета ООН (ECOSOC-ЕКОСОС), крупнейшего и важнейшего органа ООН [2].

Это дало возможность: во-первых, доступа ученых и специалистов МАНЭБ к информации о мировых достижениях, тем самым, способствуя повышению научного уровня разработок; во-вторых, использование возможностей организации мирового сообщества для расширения поля информации о результатах разработок МАНЭБ по всем аспектам БЖД и экологии; и в-третьих, открытие возможностей для участия в международных программах и проектах, финансируемых через бюджеты ООН и многочисленные фонды.

Надо заметить, что МАНЭБ тесно сотрудничает с Международной организацией труда (МОТ), по её поручению и при её поддержке участвовала в выполнении конкретных работ по анализу состояния производственного травматизма на Северо-Западе России, в обучении охране труда работников травмоопасных отраслей на Дальнем Востоке, подготовке учебно-методических материалов (в частности, пособия

«Социальное партнерство в сфере охраны труда», авторы Н.Г. Занько, К.Р. Малаян) и т.п. МАНЭБ активно поддерживает разработанную в МОТ и принятую на Международной конференции труда с участием 178 стран-членов МОТ «Глобальную стратегию охраны труда». Президиум Академии и Региональные отделения МАНЭБ в рамках провозглашенного МОТ Всемирного дня охраны труда, отмечаемого 28 апреля в знак памяти по погибшим рабочим, проводят различные акции (семинары, выставки, конкурсы и т. п.) с целью активизации усилий по созданию безопасных условий труда на производстве.

По оценкам экспертов, более 70% проблем, заявленных ООН в середине 2000-х годов, входили в сферу научных интересов членов МАНЭБ, в частности:

Природоохранная деятельность;

Рамочная конвенция об изменении климата;

Сохранение и рациональное использование ресурсов в целях развития;

Защита атмосферы;

Проблемы Чернобыльской катастрофы и развитие ядерной энергетики.

Достиженные результаты исследований и разработок членов Академии по этим проблемам широко доступны, публиковались в журналах «Безопасность жизнедеятельности», «Вестник МАНЭБ», в отраслевых изданиях.

Результаты научных разработок учёных МАНЭБ представляются и обсуждаются на различных международных и региональных конференциях, форумах, симпозиумах, конгрессах, семинарах. Логичным итогом научных исследований членов Академии становятся ежегодно проводимые с 1997 года Научные чтения под названием «Белые ночи», которые проходят в Санкт-Петербурге в период белых ночей в начале июня, что выбрано специально, так как совпадает с отмечаемыми во всём мире датами: Международным днём защиты детей и Международным днём защиты окружающей среды. Кроме того, деловой обстановке конференции и позитивному настроению участников, особенно иногородних, благоприятно способствуют петербургские пейзажи и достопримечательности.

В Научных чтениях участвуют учёные и специалисты из России, стран СНГ, ближнего и дальнего зарубежья, занимающиеся проблемами безопасности жизнедеятельности, предупреждения чрезвычайных ситуаций, формирования экологического мировоззрения. Темы научных чтений разные, однако, в повестке дня всегда стоят цели и задачи, первоначально провозглашенные на конференции ООН по ОС и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 году и последующих форумах ООН. В выступлениях участников выражается озабоченность негативными последствиями антропогенной деятельности, природных катаклизмов, предлагаются конструктивные решения, направленные на реализацию концепции устойчивого развития человечества и сохранения природной среды обитания.

В частности, Научные чтения 2001 года были посвящены выработке стратегии выхода из глобального экологического кризиса. Участники чтений обсудили основной доклад конференции- «Глобальные проблемы окружающей среды: реальность и мифы», с которым выступил выдающийся ученый, академик РАН К.Я. Кондратьев. Итоговым

документом стала «Декларация МАНЭБ», с которой члены Академии обратились с конкретными предложениями к общественности мира.

И в дальнейшем, в 2002 году на VI Научных чтениях МАНЭБ обсуждались нерешенные проблемы безопасности и экологии, с которыми человечество вступило в XXI век. Одним из основных направлений работы конференции было обсуждение глобальных экологических проблем и их решений, выполнение повестки дня на XXI век, предложения МАНЭБ Всемирному саммиту Рио+10 и так далее.

В рамках международных научных чтений «Белые ночи-2003» состоялась научно-практическая конференция «Охрана окружающей среды: анализ проблем и решений». На основе обсуждения была принята Программа МАНЭБ на последующие годы.

В 2006 году в г. Кемерово, в рамках X Международных научных чтений МАНЭБ, состоялась Международная научно-практическая конференция «БЖД предприятий топливно-энергетического комплекса России».

В 2007 году в Новочеркасске XI ежегодные научные чтения МАНЭБ были совмещены с Международной научно-методической конференцией по БЖД, на которой обсуждались вопросы образования, экологии, БЖД, предупреждения ЧС глобального и регионального масштабов.

В дальнейшем, Научные чтения, совмещённые с тематическими конференциями по проблемам безопасности и экологии, проходили и в других регионах России и зарубежья: Киеве (2013 год), Грозном (2014 год), Варне (2015 год), с. Береговое Бахчисарайского района (2015 год), пос. Листвянка Иркутской области (2016 год).

МАНЭБ также участвует в качестве соорганизатора конференций и конгрессов, проводимых другими организациями. В частности, в 1996 году в Воронеже проходил Международный экологический конгресс, в числе учредителей которого была МАНЭБ. Это была одна из первых крупных международных акций МАНЭБ, которой принадлежала важная роль в организации и проведении Конгресса.

Важными инициативами Президиума МАНЭБ в области международной деятельности явились участие в международной юбилейной конференции МГУ им. М.В. Ломоносова, контакты с международным отделом университета штата Нью-Йорк.

Новый импульс в международных контактах и расширении сферы деятельности МАНЭБ дало тесное сотрудничество с основанной в КНР в 2006 году Международной организацией содействия экологической безопасности (IESCO) под патронатом Китайского отделения МАНЭБ во главе с его основателем и президентом Цзянь Минцзюнем, активно сотрудничавшей с международными организациями, в т. ч. с ООН.

Перечислим некоторые из международных конференций, проведенных под эгидой ООН, в проведении которых активное участие в качестве организаторов принимала МАНЭБ и её Китайское отделение.

В 2008 году в Нанкине (Китай) проходил большой Международный Форум по проблемам урбанизации с участием нескольких тысяч представителей всех континентов, организованный специализированным учреждением ООН с участием зам. генерального секретаря ООН г-жи Тубейджуки.

В 2010 году в Пном-Пене (Камбоджа), в Доме правительства проходила очередная встреча глав политических партий Азии и Африки с действующими руководителями ряда азиатских государств, в рамках которой на экологической секции приняла активное участие делегация МАНЭБ во главе с её президентом О.Н. Русаком.

В 2012 году в живописных окрестностях мегаполиса Чэнду (Юго-Запад Китая) 26 - 29 июня проходил Второй международный форум по экологической безопасности и геронтологии, в которой участвовала делегация МАНЭБ. С докладом о концептуальных основах глобальной безопасности выступил президент МАНЭБ О.Н. Русак, о путях к активному долголетию - вице-президент К. Р. Малаян [3].

В том же году на острове Бали (Индонезия) 9 - 12 декабря состоялась Вторая Всемирная ассамблея по экологической безопасности под эгидой ООН с участием представительных делегаций различных стран. Российскую делегацию от Федерального собрания возглавлял легендарный полярник и государственный деятель А.Н. Чилингаров. В знак весомых заслуг президент МАНЭБ О.Н. Русак был удостоен особой награды.

В 2013 году в Женеве (Швейцария) в рамках ежегодной сессии Экономического и Социального Совета ООН, консультативным членом которого является МАНЭБ, 1-3 июля прошла специальная конференция по экологической безопасности и технологическим инвестициям [4]. На пленарном заседании сессии, которую открыл президент ЭКОСОС Нестор Осорио (Колумбия), с краткими приветствиями выступили генсек ООН Пан Ги Мун, председатель Генассамблеи ООН Вик Джереми, президент Швейцарской конфедерации Юли Маурер. С краткими речами на тему «Наука, технологии и инновации в продвижении устойчивого развития и реализации задач, сформулированных в Декларации Тысячелетия» выступили ген. директор ЮНЕСКО Ирина Быкова, генсек Международного Союза телекоммуникации Туре, ген. директор ЦЕРН Рольф-Дитер Хойер и другие высокопоставленные лица.

На конференции о научных основах экологической безопасности и неоднозначных вариантах глобального потепления выступил Президент МАНЭБ профессор О.Н. Русак. Член Президиума МАНЭБ профессор К.Р. Малаян (Россия) привёл данные анализа экологических проблем обращения с отходами, предложив для оздоровления окружающей среды комплексную концепцию обращения с твердыми бытовыми отходами. Была представлена разработка Московского регионального отделения МАНЭБ, создавшего под руководством профессора Т.М. Золотарёва проект мусороперерабатывающего завода.

В рамках совместных проектов в Даляне (Китай) в 10-12 апреля 2015 года участвовали в Международной конференции по теории и практике зелёной экономики и выступили с совместным докладом академики МАНЭБ Е. Г. Раковская и К. Р. Малаян.

В том же году в городе Цзиняне (КНР) 22-23 декабря проходила Международная конференция с участием МАНЭБ и её Китайского отделения, в которой участвовала представительная делегация МАНЭБ во главе с президентом МАНЭБ О. Н. Русаком.

В последнее время всё чаще проходят региональные конференции МАНЭБ по актуальным проблемам глобальной безопасности и экологии с акцентом на общероссийские проблемы в сфере охраны труда, промбезопасности, образования.

В майских указах Президента РФ В.В. Путина 2018 года представлены стратегические цели и пути развития России на основе реализации национальных проектов по основным сферам жизнедеятельности, в первую очередь социально-экономического плана. Можно заметить определённое тождество наименований конечных показателей в Итоговом документе Рио+20 и майских указов Президента РФ В.В. Путина. Это такие показатели, как суммарный коэффициент рождаемости, коэффициент младенческой смертности, ожидаемая продолжительность жизни, которые в указах Президента РФ явно выше намеченных показателей ООН в 2015 году, но заметно ниже показателей экономически развитых стран, в пятерку которых России поставлена задача войти в конце 2024 года.

Хотелось бы надеяться и верить, что планы реализуются, однако вкрадывается сомнение, поскольку по финансовым итогам освоения денег на реализацию нацпроектов в 2019 году идёт невыполнение: «процент исполнения нацпроекта «Экология» составляет 66,5%; «Цифровая экономика» - 73,3%; «Производительность труда и поддержка занятости» - 87,1%. О повышении производительности труда говорится и пишется не одно десятилетие, но существенных изменений нет, а без этого фундамента экономики, никакая «цифровизация» не поможет. Объявленные цели нацпроектов: рост населения, повышение ожидаемой продолжительности жизни, рост доходов населения, снижение уровня бедности, будут в заложниках от выполнения намеченных показателей роста, в первую очередь, конечно, от производительности труда, несмотря на выделение до 2024 года 13 трлн. рублей из Федерального бюджета и такой же суммы из региональных бюджетов и частных инвестиций.

В заключение заметим, что МАНЭБ, как и многие другие общественные организации, внесла и внесет определенный вклад в развитие безопасности жизни и деятельности, посильную помощь в выполнении отдельных разделов национальных проектов.

Библиография

1. Будущее, которого мы хотим. Итоговый документ Конференции ООН, состоявшейся 20-22 июня 2012 года Рио-де-Жанейро, Бразилия//СПб, Изд-во ИП Павлушкина В.Н., 2013, 68 с.
2. Русак О.Н., Аполлонский С.М., Малаян К.Р. Общественная организация Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности//Безопасность жизнедеятельности, 2008, №5 (189), сс. 4-7
3. Русак Я.О. Второй международный форум по экологической безопасности и геронтологии (КНР, 26-29 июня 2012)//Безопасность жизнедеятельности, №10 (142), сс 55-56
4. Малаян К.Р. Специальная конференция по экологической безопасности и технологическим инновациям (Женева, 1-3 июля 2013г.)//Безопасность жизнедеятельности, 2013, №10 (154), сс 55-56.

УДК: 631.41

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Раковская Е.Г. кандидат химических наук, доцент; **Рудов М.Е.** кандидат технических наук, доцент; **Прохоров А.С.** студент. Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, кафедра безопасности жизнедеятельности.

Аннотация. В статье анализируются факторы, влияющие на процесс накопления тяжелых металлов в почвах. Выявлено, что на перераспределение тяжелых металлов оказывает влияние гранулометрический состав почв, реакция среды, содержание органического вещества, катионообменная способность, наличие геохимических барьеров, дренаж. Интенсивность миграции тяжелых металлов определяется в основном действием двух групп факторов: почвообразования и биологического круговорота элементов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, загрязнение почв, токсичность, гранулометрический состав, кислотность, интенсивность миграции.

STUDY OF SOIL CONTAMINATION WITH HEAVY METALS

Rakovskaya E.G., Rudov M.E., Prohorov A.S.

Abstract. The article analyzes the factors that affect the accumulation of heavy metals in soils. It was found that the redistribution of heavy metals is influenced by the granulometric composition of soils, the reaction of the medium, the content of organic matter, cation exchange capacity, the presence of geochemical barriers, and drainage. The intensity of migration is determined by two groups of factors: soil formation and the biological cycle of elements.

Keywords: heavy metals, soil contamination, toxicity, granulometric composition, acidity, migration intensity.

Термин «тяжелые металлы» связан с высокой относительной атомной массой. Также одной из особенностей, которая позволяет классифицировать металлы как тяжелые, это их плотность (более 6 г/см³). Таких элементов свыше 40. Число наиболее опасных тяжелых металлов, если учитывать их токсичность, стойкость и способность накапливаться во внешней среде, а также масштабы распространения, значительно меньше. Это - ртуть, свинец, кадмий, кобальт, никель, цинк, медь, молибден, олово, мышьяк.

Основным источником загрязнения почв тяжелыми металлами является сжигание ископаемого топлива. В золе угля и нефти содержатся практически все перечисленные выше металлы в суммарной концентрации до 500 г на тонну топлива. Вместе с золой в почву поступают миллионы тонн тяжелых металлов. Тормозные колодки автомобилей, истираясь, вносят в почвы вблизи автомагистралей 200 тысяч тонн металлов в год. Значительная часть этих загрязнителей аккумулируется в верхних горизонтах почвы. Считается, что среди химических элементов тяжелые металлы являются наиболее

токсичными, т.к. обладают большим сродством с физиологически важными органическими соединениями и способны инактивировать последние, а во-вторых, способны к медленному накоплению в организме, вызывая как явно выраженное специфическое действие, так и хронические неспецифические.

Тяжелые металлы, поступающие на поверхность почвы, накапливаются в почвенной толще, особенно в верхних гумусовых горизонтах, и медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии. Процесс накопления тяжелых металлов в почве идет быстрее, чем их удаление.

Гранулометрический состав оказывает непосредственное влияние на закрепление тяжелых металлов и их высвобождение; почвы тяжелого гранулометрического состава прочнее связывают тяжелые металлы, и поэтому они меньше попадают в растения и грунтовые воды.

Поглощение тяжелых металлов почвами существенно зависит от реакции среды, а также от состава анионов почвенного раствора. В кислой среде преимущественно сорбируются свинец, цинк, медь, в щелочной – кадмий, кобальт. Тяжелые металлы способны образовывать сложные комплексные соединения с органическим веществом почвы, поэтому в почвах с высоким содержанием гумуса они менее доступны для поглощения.

Катионообменная способность зависит от минералогического состава илистой фракции, а также количества органического вещества. Чем выше емкость катионного обмена, тем больше тяжелых металлов удерживает почва и тем меньше тяжелых металлов поступает в растения и живые организмы.

Анаэробные условия повышают доступность тяжелых металлов растениям. Поэтому дренажные системы, регулирующие водный режим, способствуют преобладанию окисленных форм тяжелых металлов и тем самым снижению их миграционной способности.

Различные типы почв в зависимости от содержания в них гумуса и глинистых частиц по-разному фиксируют тяжелые металлы. Наиболее подвижны тяжелые металлы в почвах с низким содержанием гумуса, кислой реакцией среды и незначительной буферностью. Значительно меньшая подвижность и большая фиксация характерны для почв тяжелого механического состава с реакцией среды, близкой к нейтральной. Закрепляя тяжелые металлы в верхнем почвенном горизонте и переводя их в связанное и недоступное для растений состояние, почва препятствует их вымыванию в грунтовые воды. Однако при этом сохраняется потенциальная опасность высвобождения металлов и включения их в естественный круговорот при изменении каких-либо условий. Например, выпадение кислотных дождей повышает мобильность тяжелых металлов и создает угрозу их проникновения в более увлажненные глубокие слои почвы, то есть обуславливают миграцию по почвенному профилю. Наиболее прочно закрепляются ртуть и свинец, образующие устойчивые органо-минеральные соединения с гумусовыми веществами почвы. В противоположность этим элементам очень слабо закрепляются цинк и кадмий. Медь занимает промежуточное положение. Существенное значение имеет связывание тяжелых металлов глинистыми минералами, которые наиболее

интенсивно фиксируют элементы, имеющие небольшой ионный радиус: хром, медь, никель, цинк.

Поведение тяжелых металлов в системе почва-растение определяется множеством факторов, разнообразие и сочетание которых настолько сложны и непредсказуемы, что позволяют пока лишь только в общих чертах определить закономерности миграции и поступления тяжелых металлов из почвы в растения.

Если рассматривать чисто физиологические аспекты поступления тяжелых металлов в растения, то можно отметить достаточно активное поглощение таких элементов, как кадмий, цинк, таллий. Свинец, ртуть, хром менее доступны для растений и поэтому поглощаются из раствора значительно слабее.

Почвенные условия накладывают свой отпечаток на специфику и интенсивность поступления тяжелых металлов в растения. При этом многое зависит от формы, в которой они присутствуют в почве. В частности, минеральные соединения свинца, относительно быстро фиксируемые почвой, поступают в растения в очень небольших количествах. В то же время кислая реакция почвенного раствора повышает степень поступления свинца из почвы в растения. Совершенно иначе ведут себя тетраалкилы свинца (тетраметилвый и тетраэтиловый свинец), которые раньше добавлялись в топливо для двигателей внутреннего сгорания в качестве антидетонационного средства. Эти органо-минеральные соединения быстро превращаются в почве в быстродоступные для растений водорастворимые формы, которые значительно более токсичны для растений и легко мигрируют по почвенному профилю. Кроме того, образующиеся при разложении в почве тетраалкилов свинца промежуточные водорастворимые соединения в форме диалкилов могут поглощаться растениями в виде целой молекулы и транспортироваться в надземные органы.

Принятые ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) позволяют дифференцированно подходить к оценке эколого-гигиенического состояния почв, расположенных в различных регионах России (см. табл.1).

Таблица 1 – Уровни загрязнения почв тяжелыми металлами (мг/кг почвы)

Уровни содержания и загрязнения	<i>Pb</i>	<i>Cd</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>
	1 класс опасности		2 класс опасности		
ОДК	32 – 130	0,5 – 2,0	55 – 220	33 – 132	20 – 80
Низкий уровень	130 – 150	2,0 – 3,0	220 – 300	132 – 150	80 – 150
Средний уровень	150 – 500	3,0 – 5,0	300 – 500	150 – 250	150 – 300
Высокий уровень	500 – 1000	5,0 – 10,0	500 – 1000	250 – 500	300 – 600
Очень высокий уровень	>1000	>10,0	>1000	>500	>600

Для понимания экологической опасности загрязнения почв важно знать содержание не только валовых форм, но и подвижных форм соединений тяжелых металлов и их соотношение с валовым.

При одновременном наличии в почве нескольких тяжелых металлов возможны аддитивный, синергический и антагонистический эффекты. В связи с этим необходимо учитывать комплексное воздействие тяжелых металлов.

Накопление металлов растениями в определенной мере зависит также от строения корневой системы. Крестоцветные, обладающие мощной корневой системой, поглощают больше металлов, чем злаки. В то же время двудольные накапливают больше тяжелых металлов, чем однодольные.

Характеризуя в общем негативное влияние тяжелых металлов на растения, следует отметить неблагоприятные изменения таких важных физиологических процессов, как фотосинтез, дыхание, транспирация, водный обмен, поглощение и передвижение питательных веществ. При избыточном поступлении в растения какого-либо тяжелого металла снижается поглощение некоторых элементов питания, что вызывает отрицательные явления.

Тяжелые металлы обладают различной миграционной способностью. Наибольшей миграционной способностью обладают цинк и ртуть. Они равномерно распределяются в слое почвы на глубине до 20 см. Свинец чаще всего распределен в слое на глубине 2,5 см. Иногда свинец, кадмий, ртуть и некоторые другие тяжелые металлы накапливаются в гумусовом слое почвы. Гумусовый горизонт почв загрязненных территорий значительно обогащен тяжелыми металлами. Цинк и медь менее токсичны, но более подвижны, чем свинец и кадмий.

Интенсивность миграции определяется действием двух групп факторов: почвообразования и биологического круговорота элементов. Среди факторов почвообразования, определяющих подвижность металлов, наиболее важную роль играют водный и температурный режим почвы. В частности, тяжелые металлы, перешедшие в водорастворимую форму, мигрируют по почвенному профилю вместе с водным потоком. Часть этих элементов, осевших на поверхности, проникают в глубь ее по трещинам, ходам животных и отмерших корней. Металлы, адсорбированные почвенными коллоидами и вошедшие в состав органоминеральных комплексов, перемещаются по микропорам и капиллярам в форме гидрозолей и взвесей.

Поведение тяжелых металлов в почве зависит от ее окислительно-восстановительных условий и кислотности. Миграционная способность меди, никеля, кобальта, цинка в восстановительной среде снижается на 1 – 2 порядка по сравнению с окислительной. В кислой среде большинство металлов более подвижны. Наиболее неблагоприятные условия в этой связи складываются в подзолистых и дерново-подзолистых почвах, имеющих неблагоприятные физические и химические свойства из-за повышенной кислотности и содержанием в почвенном растворе ионов алюминия (Al^{3+}). Указанные условия способствуют переходу металлов в биологические ткани, повышенной миграции тяжелых элементов, ухудшению жизнедеятельности нитрофицирующих и азотфиксирующих бактерий.

В песчаных, хорошо промываемых почвах, тяжелые металлы мигрируют в грунтовые воды и быстро разносятся ими. Почвы же, богатые глинами и гумусом, обладают способностью накапливать тяжелые металлы. При этом глинистые компоненты адсорбируют их, а гумусовые кислоты образуют с этими элементами растворимые комплексные соединения, легко усваиваемые растениями.

Миграционную способность элементов уменьшает повышенное содержание органического вещества и утяжеление гранулометрического состава почв.

Существует зависимость между содержанием подвижных форм тяжелых металлов в почвах и их концентрациями в тканях растений. Вместе с тем, химический состав растений обладает упорядоченностью и стабильностью, сопротивляясь изменениям. Функцию защиты выполняют, прежде всего, клеточные мембраны, а также некоторые механизмы, регулирующие элементный состав растительной ткани.

Тяжелые металлы оказывают выраженное токсическое действие на микробный состав почв. В частности, наибольшее влияние на микроорганизмы оказывают кадмий, затем следуют цинк и свинец. Наибольшими защитными свойствами в этом отношении обладает чернозем, меньшими – торфяники, самыми слабыми – дерново-подзолистые.

Библиография

1. Раковская Е.Г. Безопасность жизнедеятельности. Источники загрязнения окружающей среды: учебное пособие. / Е.Г.Раковская, А.Д. Цветкова, - СПб. СПбГЛТА, 2010. - 76с.
2. Раковская Е.Г., Занько Н.Г. Промышленная экология: учебное пособие. – СПб. СПбГЛТУ, 2019. – 40 с.
3. РД 52.18.286-91 Методические указания. Методика выполнения измерений массовой доли водорастворимых форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом.
4. Санитарные правила и нормы 2.1.7.1287-03 Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы.

УДК 539.3

РЕАКЦИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ НА ВЗРЫВ ВОДОРОДНОЙ БОМБЫ, ПРОИЗВЕДЕННЫЙ СЕВЕРНОЙ КОРЕЕЙ 3 СЕНТЯБРЯ 2017 ГОДА

Шереметьев В.М. кандидат геолого-минералогических наук, академик МАНЭБ, член-корреспондент РАЕН. ООО Проектный институт территориального планирования, Российская Федерация, г. Краснодар, e-mail: sheremetev-v@mail.ru

Аннотация. Взрыв водородной бомбы в Северной Корее привел к возникновению в земной коре деформационной волны, распространяющейся от эпицентра взрыва со средней скоростью 125,8 км/час и провоцирующей землетрясения в зонах накопления напряжений в земной коре

Ключевые слова: ядерный взрыв, водородная бомба, деформационная волна, землетрясения, реакция земной коры, Северная Корея.

REACTION OF CRUST TO THE EXPLOSION OF THE HYDROGEN BOMB MADE BY NORTH KOREA ON SEPTEMBER 3, 2017

Sheremetiev V. M.

Abstract. Explosion of a hydrogen bomb in Northern Korea has led to deformation wave emergence in crust, extending from explosion epicenter with an average speed of 125,8 km/h. and provoking earthquakes in zones of accumulation of tension in crust.

Keywords: nuclear explosion, hydrogen bomb, deformation wave, earthquake, reaction of the earth's crust, North Korea

Северная Корея 3 сентября 2017 года провела ядерные испытания, взорвав водородную бомбу на военном полигоне. Взрыв был произведен в 3 часа 29 минут 29 секунд (по Гринвичу) и зарегистрирован практически всеми сейсмостанциями мира как землетрясение с магнитудой 6,3. В соответствии с данными характеристиками сейсмической волны специалисты оценили мощность заряда – от 50 до 100 килотонн. Для сравнения, мощность бомб, взорванных в Хиросиме и Нагасаки, составляла порядка 20 килотонн.

Продольным волнам, чтобы добраться с Корейского полуострова до Москвы, потребовалось 9,5 минут. Средняя скорость их распространения составила около 40 800 км/час. Но, кроме сейсмических волн, с огромной скоростью обогнувших земной шар, в земной коре были вызваны длиннопериодные деформационные волны. Эти волны возникли в момент воздействия ядерного взрыва на геологическую среду. Взрыв возбудил не только земную кору, но, по-видимому, и мантию.

Для оценки параметров распространения деформационной волны в земной коре был проведен анализ сейсмических событий, произошедших в радиусе 7 500 км в последующие 3 суток после взрыва [1]. Характеристики данных землетрясений приведены в нижеследующей таблице. Для отслеживания деформационной волны было сделано предположение, что при своем распространении деформационная волна должна

являться спусковым механизмом для возникновения сейсмического толчка при прохождении зон, где возникли критические напряжения в земной коре. С этой целью была построена карта с изолиниями (шаг 5 часов) прошедшего времени с момента взрыва до момента сейсмического толчка в оцениваемом регионе (рис.1) и схема с расстояниями от эпицентра взрыва до очагов землетрясений с расчетом скоростей распространения деформационной волны (рис.2).

Таблица 1- Каталог землетрясений за 3 – 6 сентября 2017 года, произошедших в радиусе 7 500 км от места проведения ядерного взрыва в Северной Корее

№ п/п	Время	Широта, гр.	Долгота, гр.	Глубина, км	Магнитуда, mb	Время после взрыва	Расст. до места взрыва, км	Скорость деффор волны, км/час	Регион
1	03 02:02:32	14.03	146.56	10	5.0	01:27:27	3 400		Мариинские острова
2	03 03:29:59	41.3	129.1	1	6.3	0	0		Северная Корея ядерный взрыв
3*)	03 06:52:07	9.06	93.16	10	5.0	03:34:08	5 000		Район Никобарских островов
4*)	03 08:21:15	54.07	168.63	10	4.8	04:51:16	3 400		Район Командорских островов
5	03 09:01:46	37.23	143.65	10	5.1	05:31:47	1 460	243	У восточного побережья Хонсю
6*)	03 11:55:50	3.71	126.42	60	4.8	08:26:51	4 400		Острова Талунд, Индонезия
7	03 18:59:23	52.6	160.21	60	4.0	15:29:24	2 500	167	У восточного побережья Камчатки
8	03 22:44:42	24.17	125.8	80	4.4	19:29:43	2 000	105	Юго-запад островов Рюкю, Япония
9	04 04:43:29	21.6	142.97	330	5.1	25:13:30	2 700	108	Район Марианских островов
10	04 09:45:57	54.26	169.26	20	5.0	30:17:58	3 300	110	Район Командорских островов
11	04 14:12:58	52.42	169.3	33	4.6	35:42:59	4 000	111	Лисьи острова, Алеуты
12	04 19:43:12	1.12	91.83	10	5.1	40:13:13	5 600	140	Север Индийского океана
13	04 20:21:42	36.64	71.13	200	4.8	40:51:43	5 000	122	Афганистан - Таджикистан
14	05 02:49:59	16.19	167.89	180	5.7	47:20:00	7 400	154	Острова Вануату

№ п/п	Время	Ши-рота, гр.	Дол-гота, гр	Глуби-на, км	Магниту-да, mb	Время после взрыва	Расст. до места взрыва, км	Ско-рость деффор-волны, км/час	Регион
15	05 08:23:55	55.8	-153.1	33	4.8	52:53:56	5 600	112	Южнее Аляски
16	05 22:20:35	32.84	59.04	10	4.8	66:50:36	6 100	91	Северный и Центральный Иран
17	05 22:40:59	26.63	70.05	33	4.6	67:11:00	5 500	82	Пакистан
18	06 01:45:13	41.06	47.87	10	4.3	70:15:14	6 500	91	Восточный Кавказ

Примечание *) -землетрясения, произошедшие после ядерного взрыва в Северной Корее, вызванные естественными факторами. Деформационная волна от ядерного взрыва до территорий, где они произошли, еще не дошла.

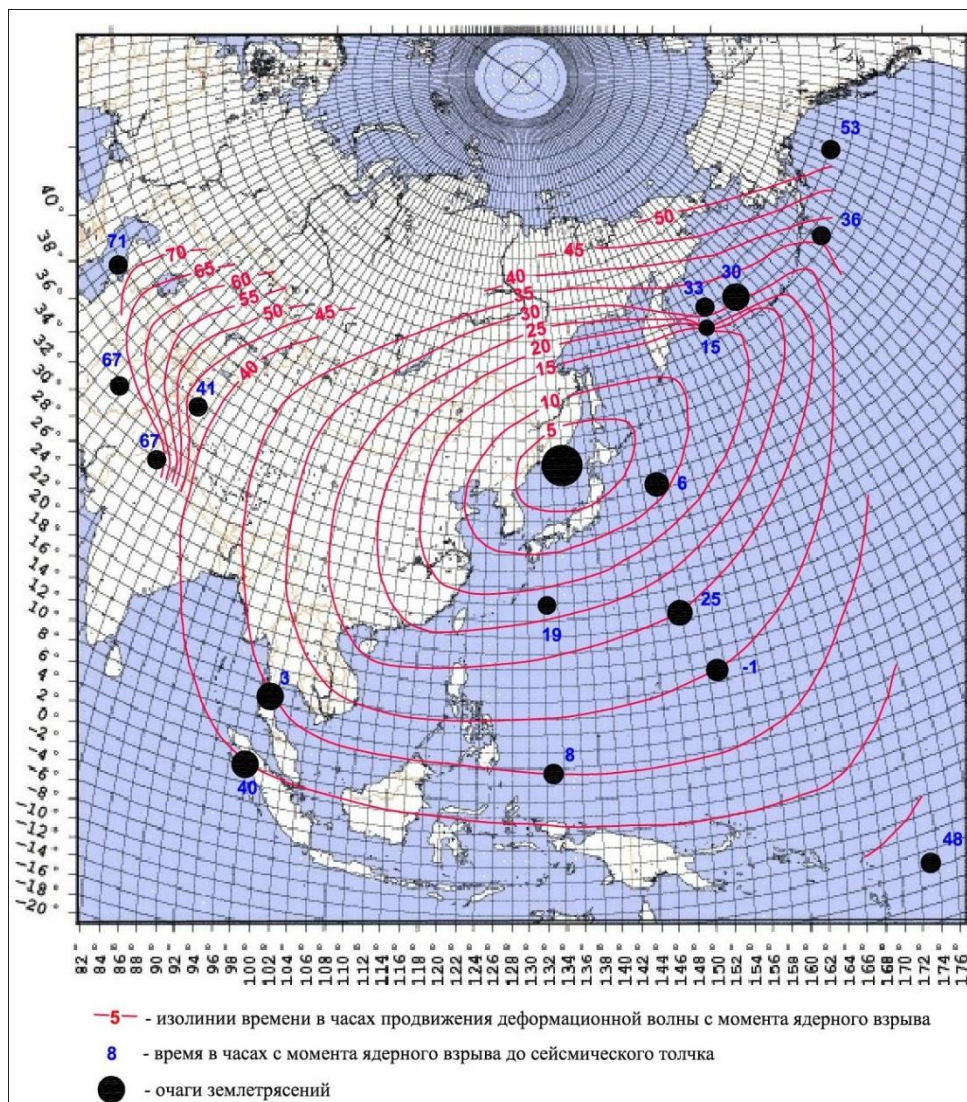


Рис. 1. Схема распространения деформационной волны в земной коре от ядерного взрыва, произведенного в Северной Корее 3 сентября 2017 года.

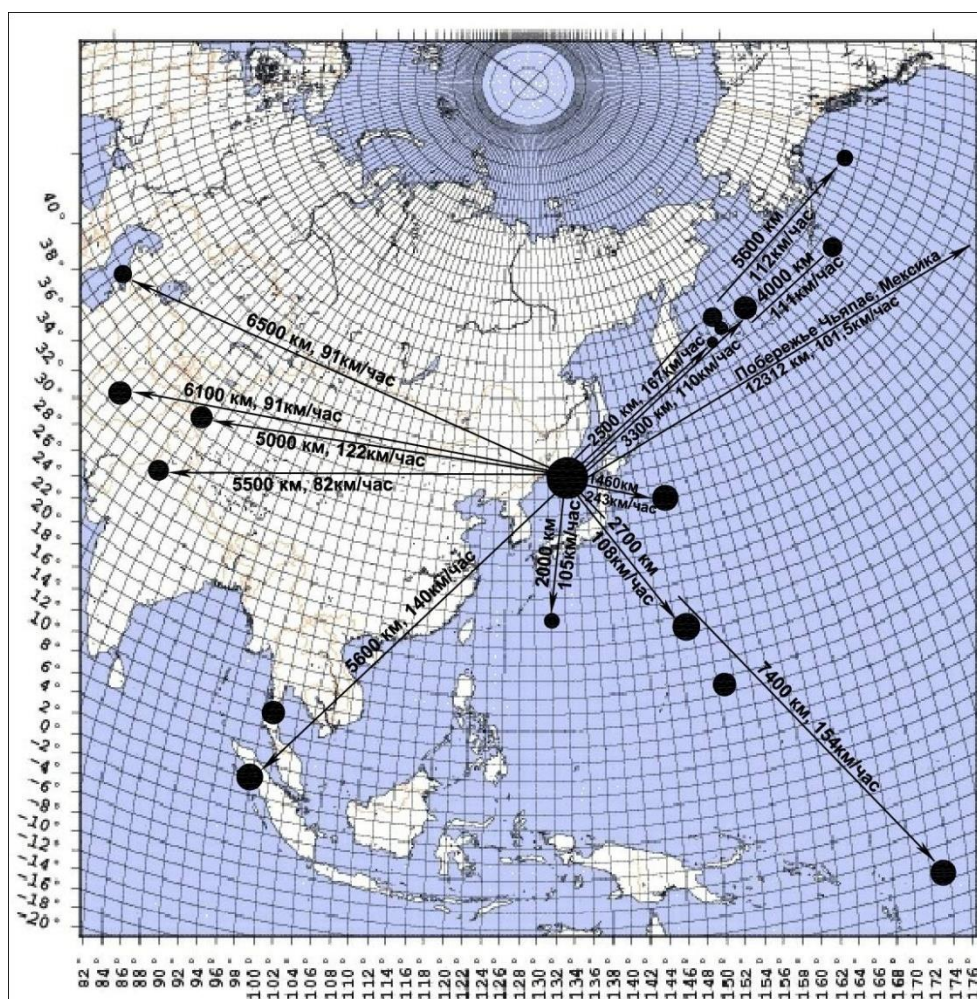


Рис.2. Схема расстояний от эпицентра ядерного взрыва, произведенного в Северной Корее 3 сентября 2017 года, до эпицентров землетрясений, произошедших после взрыва, с расчетом скоростей распространения деформационной волны.

Анализ построенных схем показал, что после взрыва происходящие в регионе землетрясения закономерно удаляются от места взрыва с определенной скоростью. Эти скорости сопоставимы и в основном составляют 140 – 82 км/час при средней скорости 125,8 км/час. Исключение составляют землетрясения, произошедшие вскоре после взрыва через 6 – 15 часов. Их очаги расположены относительно близко от места взрыва: 1460 км - у восточного побережья Хонсю и 2 500 км – у восточного побережья Камчатки. Деформационная волна приближалась к очагам данных землетрясений со скоростями 243 и 167 км/час, соответственно. По сторонам света скорости распространения деформационной волны распределялись следующим образом: 110 – 112 км/час. на северо – восток до Командорских, Лисьих островов и юга Аляски; 154 км/час. на юго – восток до острова Вануату; 140 км/час. на юго – запад до северной части Индийского океана возле острова Суматра; на запад 82 - 122 км/час. до Афганистана, Пакистана, Центрального Ирана и Восточного Кавказа (рис. 2).

8 сентября 2017 года в 1 час 19 минут 20 секунд (по Гринвичу) за пределами анализируемого региона у Тихоокеанского побережья Мексики произошло крупное землетрясение с магнитудой 7,4. Расстояние до эпицентра данного землетрясения от

места взрыва в Северной Корее составило 12 312 км, время после взрыва – 121 час 19 минут 20 секунд. Скорость распространения деформационной волны от места взрыва до побережья Мексики составила 101,5 км/час. Это сопоставимо со скоростью распространения деформационной волны в северо – восточном направлении до Аляски – 110 – 112 км/час. Следовательно, и землетрясение у побережья Мексики могло быть спровоцировано деформационной волной в земной коре, возникшей от ядерного взрыва, произведенного в Северной Корее.

Изолинии времени удаления очагов землетрясений от места взрыва имеют концентрическую структуру (рис.1). Это также свидетельствует о существовании единого источника ударного воздействия на земную кору, от которого пошло распространение деформационной волны. Наличие разности скоростей распространения деформационной волны зависит от геолого-тектонических особенностей земной коры и удаления ее от источника возникновения.

Вывод: Проведение таких испытаний, как ядерный взрыв, осуществленный в Северной Корее, оказывают значительное воздействие на земную кору планеты Земля. Кроме возникновения от ядерного взрыва сейсмических волн, в земной коре от очага взрыва распространяются длиннопериодные деформационные волны. Возникновение их от ядерного взрыва и высокие скорости движения согласуются с существованием медленных сейсмических волн [2] и глобальной эндодренажной системы [3] на нашей планете. Распространяясь на значительные расстояния, они провоцируют (срывают) сейсмические события в зонах накопления критических напряжений в земной коре. Кроме того, эти волны являются накачкой дополнительной деформационной энергии в напряженное поле земной коры, увеличивая ее сейсмический потенциал и, соответственно, активизируя сейсмическую активность планеты.

Библиография

1. Сейсмологический каталог Службы срочных донесений Единой геофизической службы РАН за период с 3 по 6 сентября 2017 года.
2. Бабешко В.А., Бабешко О. М., Евдокимова О.В., Федоренко А.Г., Шестопалов В.Л. К проблеме медленных сейсмических волн, Механика твёрдого тела. 2012. №6, с.37-43.
3. Вартамян Г.С. Глобальная эндодренажная система: перспективы сейсмического прогноза// Геофизические процессы и биосфера, 2012, т.11, #4

УДК 504

В порядке предложения

КАК ПРЕОДОЛЕТЬ ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ

Носенко В.Д., кандидат технических наук, академик МАНЭБ

Аннотация. В статье изложена энергетическая стратегия, позволяющая исключить глобальное потепление. Некоторые учёные и политики, правда, считают этот процесс естественным, но большинство ученых придерживаются мнения, что сейчас это в основном процесс антропогенный. Поэтому надо форсировано строить солнечные электростанции (СЭС) и использовать другие экологически чистые и возобновляемые источники энергии (ВИЭ), используя энергию Солнца онлайн, поскольку Солнце даёт Земле всего за 15 минут столько энергии, сколько сейчас Земле нужно на целый год. Сейчас эта энергия используется незначительно, в основном растительными организмами. К настоящему времени созданы солнечные панели, дающие электрический ток при освещении их Солнцем, на основе которых уже построены и строятся СЭС во многих странах, в том числе и в России, которые будут давать в ближайшее время примерно 10% потребной электроэнергии. Таким образом, энергия Солнца, законсервированная в угле, нефти, газе за предыдущие миллионы лет, в перспективе должна быть заменена энергией онлайн, а выбросы углекислого газа будут практически исключены.

Одновременно надо создавать в Мировом океане плантации по выращиванию водорослей, которые будут «оттягивать» CO₂, используя ту же энергию Солнца и океанскую воду.

В статье также обосновывается необходимость налога на углеродсодержащее топливо, за счёт которого можно финансировать мероприятия по преодолению глобального потепления.

Ключевые слова: глобальное потепление, солнечные электростанции, водоросли, Мировой океан, налог на CO₂, диверсификация, аренда.

HOW TO OVERCOME GLOBAL WARMING

Nosenko V.D

Abstract. In this article we are talking about the energy strategy that excludes global warming. Some scientists and politicians, however, consider this process natural, but I am of the opinion of the majority that it is now mainly an anthropogenic process. It is necessary to build solar power plants (SPP) and other environmentally friendly and renewable energy sources (RES) using Solar energy online, because the Sun gives the Earth in just 15 minutes as much energy as the Earth currently needs for a whole year. Now this energy is used only slightly, mainly by plant organisms. To date, solar panels have been created that provide electric current when illuminated by the Sun, on the basis of which SES have already been built and are being built in many countries, including in Russia, which are expected to provide about 10% of the required electricity in 2020. Thus, the energy of the Sun, preserved in coal, oil, and gas for the previous millions of years, in the future should

Keywords: global warming, solar power plants, algae, oceans, CO₂ tax, diversification, rent.

Многие средства массовой информации говорят сейчас о глобальном потеплении как о большой угрозе человечеству, поскольку уровень Мирового океана может подняться на несколько десятков метров, затопить приморские города и многие плодородные земли. Причина этого – антропогенная и, очевидно, объективная. В атмосфере – со времён промышленной революции, за 200-250 лет – выросла концентрация такого парникового газа как углекислый CO_2 – с 0,03% до 0,04%. Ведь в последние годы ежегодно сжигается примерно 10 млрд. углеродсодержащего топлива (в нефтяном эквиваленте).

Однако многие, в том числе и учёные, считают причинами глобального потепления естественные, ссылаясь на историю Земли, когда были неоднократные периоды потепления, сменявшиеся периодами похолодания (оледенения). Против этого никто не возражает, однако периоды потепления и оледенения длились десятки тысяч лет, а сейчас теплеет прямо на глазах. Естественные периоды потепления и оледенения связаны с циклами изменения параметров орбиты Земли – так называемыми циклами Миланковича [1]. Циклы Миланковича описывают влияние относительно небольших изменений в движении Земли на климат планеты. Они названы в честь Милутина Миланковича, сербского астрофизика, который в начале 20-го века начал исследовать причины ледниковых периодов на Земле. Миланкович установил:

- форма орбиты Земли вокруг Солнца меняется с меньшей на более эллиптическую и обратно каждые 96 000 лет;
- ось вращения Земли наклонена по отношению к плоскости эклиптики, и этот наклон меняется от $21,5^\circ$ до $24,5^\circ$ и обратно примерно за 41 000 лет;
- ось вращения Земли описывает полный круг (прецессия) с периодом 26 000 лет.

Существует четкая связь между формой орбиты Земли и естественным изменением климата, однако нынешняя тенденция потепления на Земле происходит вовремя относительно прохладной орбитальной фазы. Но человек достиг достаточно такого уровня развития, чтобы противодействовать изменениям климата Земли. Как тут не вспомнить старую русскую пословицу: «на бога надейся, но и сам не плошай»!

ООН с 80-х годов XX века ведёт большую работу по уменьшению темпов глобального потепления (Киотский протокол). Одно из последних её мероприятий – саммит в Париже в ноябре-декабре 2015 года.

Данная статья написана как отклик на пакет статей «Третий Международный форум «Российская энергетическая неделя»», РЭН-2019, напечатанный в журнале «Уголь», 2020 г., № 1 [2]. В статьях, в частности, говорится о перспективе развития энергетики России. При этом основное внимание уделяется традиционным источникам энергии, и прежде всего, углю, нефти и газу. И чрезвычайно мало говорится о нетрадиционных, возобновляемых и экологически чистых источниках, при которых не выделяется CO_2 , прежде всего, о СЭС и ветроэнергетических установках-электростанциях (ВЭУ-ВЭС). Мало внимания возобновляемым и экологически чистым источникам уделено также и в «Докладе о реализации энергетической стратегии России на период до 2030 года по итогам 2018 года» [3].

А между тем, Россия присоединилась к Парижскому соглашению по климату (2015 год), где предусматривается снижение выбросов CO_2 и в связи с этим повышение температуры атмосферы не более, чем на 2 градуса. Документы [2] и [3] не обеспечат выполнение этого соглашения. В них даже не ставится вопрос, как выполнить это соглашение и преодолеть потепление. Правда, А.Б. Чубайс, возглавляющий в настоящее время акционерное общество «РОСНАНО», и работающий вместе с ним по данной проблеме В.Ф. Вексельберг, кое-что в небольшом масштабе делают по СЭС и ВЭС, только не говорят, что делают это в связи с потеплением.

Парижское соглашение, так же, как и все материалы по глобальному потеплению, выпускаемые под эгидой ООН, исходят из того, что нынешнее глобальное потепление – процесс антропогенный.

В деятельности за снижение выбросов активно участвуют и многие известные люди. В частности, Билл Гейтс основал фонд объемом \$1 млрд., который будет способствовать решению проблемы снижения выбросов углекислого газа. Джефф Безос объявил о создании благотворительного экологического фонда и готовности внести \$10 млрд. на финансирование работ по предотвращению изменения климата. А сейчас широко рекламируют шведскую девочку Грету Тунберг, которая ратует за снижение выбросов. Одна из британских газет назвала её даже «человеком года», а комитет по Нобелевским премиям чуть не сделал её лауреатом премии мира, но на 2020 год она всё-таки стала номинантом этой премии! Грета говорит «надо» бороться с глобальным потеплением – и это, конечно, правильно, но «как» - не говорит, этого она не знает.

Свое мнение по борьбе с глобальным потеплением автор данной статьи изложил в работе [4]. Проблему предлагается решать через альтернативную энергетику.

Во-первых, надо отказаться от использования углесодержащего топлива и перейти на альтернативные источники энергии, что означает – закрыть угольные шахты, нефтяные и газовые скважины. Это коренным образом изменит жизнь на Земле. Вспомним К.Э. Циолковского: «Земля - колыбель человечества, но нельзя же вечно жить в колыбели!». Так нельзя быть вечно привязанным к шахтам и скважинам. Хотя автор статьи – горный инженер-угольщик, работал и в шахтах, и на разрезе, и в угольных НИИ, и в Минуглепроме СССР, патриот угольной промышленности, сделал предложения, как увеличить добычу из лав на пологих газовых пластах [5] и осуществить безлюдную выемку на тонких пластах [6]. К сожалению, эти предложения не были реализованы, и это было крупной ошибкой «лиц, принимающих решения». Но время ещё есть, шахты закроют ещё не скоро, хотя обязательно закроют!

Электричество – очень удобный вид энергии. Как известно, его можно, использовать онлайн для привода в движение различных устройств, для отопления и нагрева в производстве и быту, для освещения, его можно хранить в современных аккумуляторах, получать водород путём гидролиза воды и др.

Во-вторых, надо снизить концентрацию CO_2 в атмосфере.

И, в-третьих, не эмитировать CO_2 обратно в атмосферу в значимых количествах. Но об этом – далее.

Исходный пункт всех этих рассуждений – Солнце, которое даёт Земле всего за 15 минут столько энергии, сколько сейчас ей нужно на целый год [7]. Земля использует

лишь незначительную часть этой энергии. В основном она поглощается растениями, нагревает атмосферу, реки, моря и океаны. Остальное уходит дальше в космос. Но человечеству мало той энергии, которую оно сейчас берёт от Солнца онлайн, поэтому оно добывает уголь, нефть, газ... Это то же солнечная энергия, но в законсервированном за миллионы предыдущих лет виде.

Наша задача – заменить законсервированную солнечную энергию энергией онлайн. Сейчас мы умеем делать это – солнечные батареи могут преобразовывать солнечную энергию сразу в электричество с довольно высоким КПД. И на их основе уже построены и строятся во многих странах, в том числе и в России, СЭС, которые по своим техническим и экономическим показателям сопоставимы с электростанциями других типов. Так, самые большие в России ГЭС имеют установленную мощность 6,4 ГВт (Саяно-Шушенская), ГРЭС (ТЭС) – 5,7 ГВт (Сургутская-2), АЭС – 4,2 ГВт (Ленинградская). Для сведения: установленная мощность ЕЭС России составляет примерно 235 ГВт, а количество электростанций более 1000.

Большую часть солнечной энергии онлайн в мире на сегодняшний день генерируют Китай, Индия и США, за которыми уверенно следуют ближневосточные страны. Крупнейшая СЭС в мире - Солнечный парк Тэнгэр (Китай), мощность 1,547 ГВт., крупнейшие СЭС Индии Sambhar Lake (Озеро Самбхар), мощность 4,0 ГВт и Солнечный парк Бхадла – 1,365 ГВт., крупнейшая СЭС в Америке - солнечная электростанция Villanueva, Мексика. – 0,828 ГВт.; в Калифорния, США Toraz – 0,58 ГВт, Solar Star – 0,579 ГВт и Ivanpah – 0,392 ГВт. Саудовская Аравия построит солнечный парк чудовищных размеров и мощности. Когда создание этой СЭС будет завершено, ее мощность составит 200 ГВт. В 2019 году предполагалось сдать первые два сегмента электростанции мощностью 3 ГВт и 4,2 ГВт. А полностью завершить строительство планируется к 2030 году. Причем производство солнечных панелей будет развернуто в самой Саудовской Аравии, и это позволит создать 100 тыс. рабочих мест. Стоит отметить, что этот проект, в случае его успешной реализации, оставит по мощности далеко позади все, что собирается построить ближайший сосед Саудовской Аравии – Объединенные Арабские Эмираты. В Эмиратах, как и в Саудовской Аравии, успешно реализуются государственные программы перехода на возобновляемые источники энергии.

В ФРГ мощности ВИЭ в 2018 году перекрыли угольную генерацию. Ветропарки, солнечные и гидроэлектростанции в совокупности производили 36,3% энергии в Германии, в то время как угольные ТЭС генерировали 35,1%. Следует отметить, что ФРГ планирует закрыть все угольные и АЭС на своей территории.

Солнечная энергия часто подвергается критике, так как обладает рядом недостатков по сравнению с традиционными видами, такими как уголь, нефть и газ. Но нет никаких сомнений, что многие страны с крупнейшей экономикой активно развивают это направление. Если нынешние темпы роста сектора сохранятся, то в 2020 г. около 10% электроэнергии в мире может вырабатываться за счет фотоэлектрических систем. Основной рост ожидается в Китае, Японии, Германии и США.

Большая часть подобной электроэнергии производится за счет масштабных наземных установок, или солнечных ферм, которые представляют собой тысячи

фотоэлектрических панелей на нескольких милях пустынной местности. Именно такие системы позволяют производить электроэнергию за счет энергии Солнца в промышленных масштабах.

В России по сравнению со странами Запада и Америки, солнечная энергетика распространена не так широко. Это связано с географией местности для строительства. Для расположения СЭС выбирают низкие широты, где достаточно площадей для расположения солнечных панелей и можно наблюдать солнце в течение большей части года. Но даже при не столь широком распространении солнечная энергетика в России тоже продолжает развиваться. Гелиостанции (СЭС) – самый популярный из всех способов получения солнечной энергии. В России пока действуют 35 СЭС во многих регионах мощностью от 0,1 до 105,6 МВт, проектируются и строятся 30 СЭС мощностью от 10,0 до 135,0 МВт,

Об инвестициях в создание СЭС здесь не будем говорить – достаточно сказать, что раз они строятся в большом масштабе, то эти инвестиции окупаются в приемлемые сроки. Также не будем говорить подробнее о ВЭС–ВЭУ. Как будет показано далее, все электростанции, использующие углеродсодержащее топливо, могут быть заменены только на СЭС. Это вовсе не исключает того, что там, где ВЭС-ВЭУ экономически выгоднее, чем СЭС, надо строить их. Отметим также, что экономический потенциал ветровой энергии России оценивается в размере около 30 процентов производства электроэнергии всеми электростанциями страны. Но уже сейчас, как говорилось ранее, здесь построены и строятся заводы по производству оборудования для ВЭС под кураторством В.Ф. Вексельберга и А.Б. Чубайса.

И отметим также, что космические аппараты, большинство из которых летают в пределах орбиты Земли, берут электроэнергию в основном от солнечных батарей.

Здесь надо сделать небольшое отступление, на которое автор хотел бы обратить особое внимание. Тепловые электростанции (ТЭС) - загрязняют окружающую среду углекислым газом, являющимся, по сути, вредным отходом производства, но не платят за нейтрализацию этого вредного отхода – только потому, что этот отход вредит только природе и не вредит человеку – его концентрация в атмосфере составляет приблизительно 0,04%, что значительно ниже ПДК. В то же время предприятия, выбрасывающие в окружающую среду вредные вещества, несут затраты на строительство очистных сооружений и последующую их эксплуатацию. И если учесть затраты на нейтрализацию CO₂ от ТЭС, как недавно предлагал А.Б. Чубайс (а ранее – и автор в одной из своих работ), то эти ТЭС окажутся менее экономичными, чем СЭС.

Дело в том, что СЭС в большинстве случаев более эффективны, чем другие солнечные энергоустановки: ВЭУ, волновые, приливные электростанции и т.п.

Оставим в стороне и рассуждения об эффективности АЭС. Существующие АЭС всё-таки опасны (вспомним радиационные аварии в Чернобыле, Фукусиме). И хотя сейчас безопасность построенных в последнее время и строящихся АЭС гораздо выше, остаётся проблема утилизации отработанного топлива. Не зря Германия от них отказалась.

В работе [8] было показано, что если только в шести пустынях на разных континентах и в разных часовых поясах можно построить СЭС, то будут обеспечены все

энергетические потребности Земли. Для нормальной человеческой жизни эти пустыни непригодны. Конечно, ещё раз повторюсь, СЭС и другие энергоустановки можно строить и в других местах, где это наиболее выгодно, что сейчас и делается.

Теперь о снижении концентрации CO_2 в атмосфере. Если этого не сделать, глобальное потепление будет продолжаться. Сейчас многие организации занимаются так называемыми технологиями УХУ – улавливанием и хранением углекислого газа. Многие из этих технологий являются нежизненными, о чём говорится в работе [3]. Кроме того, захоронение углекислого газа стоит очень дорого. Так, в одной из компаний в этой области деятельности (Climeworks) считают, что сейчас на то, чтобы вывести из атмосферы одну тонну CO_2 , нужно потратить \$600. Climeworks надеется снизить стоимость до \$115 [9].

Реально «оттянуть» CO_2 из атмосферы можно с помощью выращивания водорослей на плантациях в Мировом океане. Такое предложение сделано в американской и австралийской работах [10, 11], а также независимо от них и автором данной статьи [12]. Выращивание водорослей будет, по сути, отраслью сельского хозяйства и потребует сравнительно мало энергии и материалов – водоросли будут расти за счёт солнечной энергии, как другие растения, в том числе и сельскохозяйственные, а материалами будут CO_2 из атмосферы и океана, а также вода из того же океана (не пресная!). Правда, в одной из статей говорится, что водоросли оказались плохими союзниками в борьбе с глобальным потеплением (что показал эксперимент), однако есть сомнения в правильности проведения этого эксперимента [13].

Почему плантации в океане? При достигнутой к настоящему времени урожайности водорослей для них потребуются огромные площади, измеряемые миллионами квадратных километров, каких на суше не найти. Успехи генетики могут повысить урожайность водорослей и, таким образом, уменьшить занимаемые площади. Тем более, что эти водоросли не будут являться пищевым продуктом для человека, что позволит игнорировать требования к ГМО. Создание плантаций в океане требует многих дополнительных исследований. Автор предлагает, выращенные водоросли-биомассу брикетировать (как делают торфяные брикеты) и затапливать их здесь же, на месте. Таким образом, будет исключено гниение выращенной биомассы и имитирование образующегося CO_2 обратно в атмосферу.

Россия может внести существенный вклад в преодоление глобального потепления. Для этого необходимо арендовать пустынные территории в других странах, строить там СЭС и экспортировать электроэнергию в натуральном или преобразованном виде (например, водород, который можно получать гидролизом морской воды). Надо решить вопрос выделения России акваторий в Мировом океане для создания там плантаций по выращиванию водорослей.

В заключении хотелось бы отметить, что надо большее внимание уделить альтернативной энергетике и другим мерам по преодолению глобального потепления, для чего решить три проблемы.

1. Ввести налог – во всех странах, добывающих углеродсодержащее топливо, - и за счёт этого налога, кроме других инвестиций, финансировать мероприятия по преодолению глобального потепления.

2. Форсировать строительство СЭС и других экологически чистых и возобновляемых источников энергии в более широком масштабе.

3. Создать плантации по выращиванию биомассы, в основном в Мировом океане для «оттягивания» CO₂ из атмосферы.

Библиография

1. Яроцкий Сергей. «Циклы Миланковича. Нас ждет глобальное потепление или ледниковый период?» (25.09.2019) [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <https://sci-news.ru/2019/cikly-milankovicha>
2. Третий Международный форум «Российская энергетическая неделя»/ О.И. Гликина // Уголь – 2020. №1. С. 4-19.
3. «Доклад о реализации энергетической стратегии России на период до 2030 года по итогам 2018 года.» [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: minenergo.gov.ru/system/download-pdf/1026/100241
4. Носенко В. Д. «Знаю, как преодолеть глобальное потепление» [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <https://savetext.ru/0ae8FMHj>
5. Носенко В. Д. Отклик на статью «Основной путь ликвидации взрывов метана в высоконагруженных очистных забоях угольных шахт...». // Уголь. – 2019. – №1. – С. 86.
6. Патент на изобретение «Способ разработки тонких угольных пластов» Носенко В.Д., Козловчунас Е.Ф. [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002188321_20020827_c1_ru/
7. «За 15 минут Солнце даёт годовой расход энергии Земле.» [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <http://zeleneet.com/solnechnaya-energiya-i-ee-ispolzovanie/1257/>
8. Matthias Loster, «Total Primary Energy Supply - From Sunlight» (2010) [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: http://www.ez2c.de/ml/solar_land_area/
9. Голованов Г. «Станция по выкачиванию CO₂ из воздуха показала себя в деле» (15.10.2018) [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <https://hightech.plus/2018/10/15/stanciya-po-vikachivaniyu-so2-iz-vozduha-pokazala-sebya-v-dele>
10. NAS, 1992. US National Academy of science. Policy Implications of Greenhouse Warming: Mitigation, Adaptation, and the Science Base. Panel on Policy Implications of Greenhouse Warming. National Academies Press, Washington, DC, 994 p.
11. Adams J., 2007. Vegetation-Climate Interaction: How Vegetation Makes the Global Environment. Springer, 232 p
12. Носенко В.Д. Предложение по проведению эксперимента для выращивания биомассы // Сборник научных трудов по итогам XVII Международной научно-практической конференции: «Актуальные проблемы науки XXI века», Москва, декабрь 2016 г., с. 60-61.
13. «Удобрям океан - Водоросли оказались плохими союзниками в борьбе с глобальным потеплением» (27.03.2009) [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <https://lenta.ru/articles/2009/03/27/experiment>

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 349

О СИСТЕМНОМ ПОДХОДЕ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ

Бардышев О.А., доктор технических наук, профессор, академик МАНЭБ. Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I

Аннотация. В статье рассматривается система мероприятий по обеспечению безопасности, проводимых на разных этапах разработки и эксплуатации машин и оборудования используемых на опасных производственных объектах. Дана оценка влияния внешних и внутренних факторов на безопасность функционирования такого оборудования.

Ключевые слова: безопасность, оборудование, надежность, факторы влияния

ABOUT SYSTEM APPROACH TO GUARANTEEING THE SAFETY OF EQUIPMENT

Bardyshev O.A.

Abstsact. At this article are discussed the system of steps that are fulfilled at different stages of machine and equipment existence with purpose of guaranteeing safety of equipment used at hazardous industrial objects. The evaluation of influence outer and inner factors on safety of such equipment is presented.

Keywords: safety, equipment, reliability, influence factors

Оборудование, используемое на опасных производственных объектах, требует особого подхода к обеспечению безопасности его эксплуатации. Это связано с тем, что его неисправность может вести к авариям, которые могут причинить существенный вред людям, производству, и окружающей среде. Это оборудование должно соответствовать требованиям промышленной безопасности в соответствии с Федеральным законом от 21.07.1997 г № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [1]

Основные причины аварий две – первая связана с конструктивными недостатками оборудования или огрехами при изготовлении, вторая с нарушением технологии или правил эксплуатации обслуживающим персоналом, т.е. с техническими или человеческими факторами. В зависимости от оборудования может превалировать тот или иной фактор. Например, для грузоподъемной техники человеческий фактор является причиной аварий по разным оценкам от 60 до 80%. При изготовлении и эксплуатации оборудования стараются нивелировать влияние обоих факторов за счет повышения качества проектирования и изготовления, а так же, за счет повышения квалификации и производственной дисциплины обслуживающего персонала.

Надежное обеспечение безопасности оборудования на опасных производствах возможно только при системном учете всех факторов, влияющих на неё на всех этапах

существования оборудования – проектирования (конструирования), изготовления и эксплуатации. Для многих видов оборудования следует рассматривать также еще один этап – монтаж на месте эксплуатации.

Самое безопасное, с технической точки зрения, то оборудование, которое имеет 100% надежность. Поскольку эта величина технически недостижима, определяют уровень надежности по допустимому риску аварии. Величина этого риска устанавливается в зависимости от того, какие последствия может иметь авария данного оборудования, а также по экономическим соображениям. Если авария котла будет иметь локальные последствия, то авария химического реактора может иметь последствия, далеко выходящие за пределы завода, примером чего являются известные аварии на химических заводах в Индии (Бхопал) и Германии.

Поскольку учесть влияние человеческого фактора на начальном периоде существования оборудования (при проектировании и изготовлении) невозможно, проектировщики и изготовители стараются максимально ограничить влияние человека на работу агрегата за счет автоматизации производственных функций и автоматизации оценки технического состояния оборудования.

Исходя из вышеизложенного, решение проблемы можно представить в виде некоторой системы факторов и мероприятий, которые прямо или косвенно влияют на безопасность оборудования.

Значительный вклад в обеспечение безопасности вносится на этапах проектирования и изготовления машин и оборудования. При этом на этапе проектирования закладываются основы безопасности, а на этапе изготовления они реализуются с той или иной степенью эффективности.

Входом в этап проектирования являются: техническое задание и требования нормативов, в том числе в области безопасности. Для оборудования, используемого на опасных производственных объектах, основными нормативами являются Технические регламенты Таможенного союза ТР ТС 010/2011 [2], определяющие требования безопасности к большей части такого оборудования, ТР ТС 032/2014 [3], в котором приведены требования безопасности к оборудованию, работающему под избыточным давлением, и ряд других регламентов. Для многих изделий требования безопасности конкретизируются стандартами, входящими в перечень данного регламента, в этом случае требования стандартов являются обязательными.

Сам этап проектирования можно условно разделить на два подэтапа – выбор конструктивного решения и разработку проектной документации. В первом случае принимается решение на основании технического задания, оценки существующего опыта, возможности использования тех или иных материалов и комплектующих. На втором подэтапе конкретизируется принятое решение, проводятся прочностные расчеты, выбираются материалы, комплектующие, приборы и устройства безопасности. Выходом является проект оборудования, в котором существенную роль играет система управления и обеспечения безопасности. Дополнительными выходами проекта являются оценка риска использования оборудования и расчет ресурса.

Оценка риска для многих видов оборудования является обязательной и входит в состав проектной документации. Она необходима при сертификации оборудования, как

документ, гарантирующий безопасность оборудования при эксплуатации. Расчет ресурса и определение на его основе нормативного срока службы оборудования очень важен для потребителя, поскольку определяет не только эффективность капиталовложений, но и срок безопасной эксплуатации оборудования.

На этапе проектирования и изготовления важно обеспечить заданный уровень надежности. При этом необходимо обеспечить не только безотказность и долговечность, как основные показатели надежности, являющиеся определяющими факторами при эксплуатации машин и оборудования, но во многих случаях важными являются и показатели ремонтпригодности и сохраняемости. Для сложного оборудования безотказность обеспечивается конструктивным решением, применением более прочных материалов и надежных комплектующих, созданием дублирующих систем, внедрением систем самодиагностики и др. Долговечность зависит от безотказности и ремонтпригодности оборудования.

В ряде случаев ремонтпригодность является одним из определяющих факторов. Конструкция некоторых машин позволяет быстро заменить отказавший элемент и обеспечить дальнейшую безопасную эксплуатацию, но имеются и отрицательные примеры, когда конструктивное решение не учитывает этот фактор. Например, на одной из шпалоподбивочных машин, для того, чтобы заменить манжеты гидроцилиндров сжатия подбоек, нужно было снимать подбивочный блок весом около тонны, то есть разбирать треть машины. Итальянский реактор на одном из химических комбинатов имеет высоту колонны 48 м и диаметр 2,5 м, а отверстие горловины колонны всего 600 мм. Для обслуживания или замены элементов реактора раз в два года нужно опускать туда человека для демонтажа элементов. Для того чтобы провести эту операцию, пришлось разработать специальную люльку и технологию работы с учетом того, что после продувки колонны, там могли быть остатки аммиака, что требовало применения для работы в реакторе изолирующего противогаза для обеспечения безопасности ремонтника.

Второй этап – изготовление. На этом этапе основное внимание уделяется выбору технологии, материалов и применяемого технологического оборудования, что должно обеспечить качество изделия и, соответственно, быть одним из факторов его безопасной эксплуатации. Технология изготовления деталей и агрегатов имеет определенные «ноу-хау» изготовителя, повторить которые и обеспечить нужное качество удастся не часто. Так, китайским инженерам не удастся повторить технологию изготовления российских авиационных двигателей, несмотря на достаточно высокие технологии производства на этих заводах.

Использование не оригинальных деталей в качестве запасных частей часто ведет к авариям машин и оборудования или существенному сокращению срока их службы. Например, бронзовые распределители насосов японских гидравлических экскаваторов, изготовленные в СССР с тем же химическим составом бронзы, работали в 2-3 раза меньше, чем оригинальные.

Для обеспечения безопасности оборудования большое значение имеет контроль качества на всех этапах его изготовления, для чего разрабатываются планы контроля качества, включающие входной контроль, пооперационный контроль, испытание и

приемку изделия. В тех случаях, когда этому контролю уделяется большое внимание с применением высокоточного измерительного оборудования и лабораторного входного анализа металла, результаты себя оправдывают.

Монтаж. Большинство оборудования химических и нефтехимических производств и энергетического оборудования монтируется на месте эксплуатации. В данном случае определяющими являются технология монтажа, выбор монтажной организации, контроль качества монтажа. Поэтому сроки монтажа могут быть сравнимыми со сроками изготовления, особенно если это связано с большим объемом сборочных и наладочных работ, например, при монтаже паровых и газовых турбин на ТЭЦ.

Нарушение технологии монтажа или недостаточная компетенция монтажной организации приводит к авариям с большими материальными потерями. Например, при монтаже 100-тонного башенного крана на строительстве блока № 10 на Троицкой ГРЭС китайский подрядчик допустил нарушения при обтяжке канатов, что привело к падению крана и гибели нескольких монтажников. Поэтому контроль за монтажом оборудования на всех этапах позволяет повысить безопасность монтажных работ и безопасность смонтированного оборудования.

Важным этапом монтажа являются пуско-наладочные работы, обкатка и приемочные испытания. Проведение приемочных испытаний в полном объеме очень важно для многих видов крупного оборудования, в том числе и отечественного, поскольку на заводах-изготовителях могут отсутствовать стенды для испытаний в рабочем режиме, например, для паровых и газовых турбин. У паровых котлов для электростанций на заводах испытываются только отдельные элементы – экраны, барабаны, клапана. В ряде случаев, части агрегата могут изготавливаться на разных заводах, поэтому испытания могут проводиться только на месте конечной сборки. Здесь также важен промежуточный контроль, поскольку случаи нарушения технологии пуско-наладочных работ на котлах электростанций приводили неоднократно к задержкам пуска котлов и электростанции в целом. На этом этапе для большинства оборудования, использующегося на опасных производственных объектах, в контроле принимают участие инспекторы Ростехнадзора.

Для нового оборудования, закупаемого за рубежом, на этом этапе проводится заключительная стадия сертификации – оценки соответствия оборудования требованиям безопасности Российской Федерации, после его монтажа и испытаний, при этом сертификационные испытания могут совмещаться полностью или частично с приемочными. Для оборудования, на которое не распространяются требования ТР ТС, например, для тоннельных эскалаторов и вагоноопрокидывателей обязательным является проведение экспертизы промышленной безопасности [5].

Этап эксплуатации оборудования является завершающим и самым продолжительным этапом, на котором выявляются все свойства оборудования, заложенные в него при проектировании и изготовлении, в том числе и свойства безопасности. Оборудование проектируется и изготавливается для определенных условий эксплуатации или для определенных технологических процессов. Естественно, оно нормально будет работать именно в тех условиях, на которые оно рассчитано.

Нарушение условий эксплуатации, использование машин в условиях, для которых они не предназначены, ведет к их быстрому выходу из строя.

ГОСТ 15150 предусматривает, что машины должны быть изготовлены в различных исполнениях в зависимости от климатических условий – от арктического до тропического и, соответственно, применяться в этих условиях. Были и случаи, когда это правило не соблюдалось. Например, наши строительные машины, предназначенные для Севера, хорошо показали себя во Вьетнаме, но это, скорее, исключение.

Соблюдаться должны и другие условия. Например, поставка загрязненной нефти в прошлом году привела к частичному выходу из строя оборудования ряда нефтеперегонных заводов. Работа техники в условиях повышенной запыленности, например, в пустыне приводит к быстрому выходу из строя двигателей, если не принимать соответствующие меры.

Важным для сохранения работоспособности и безопасности машин является работа в паспортных режимах. Нарушение режимов: например, перегрузка ведет к перегреву двигателей и выходу из строя редукторов, превышение допустимой грузоподъемности кранов приводит к авариям.

На надежную работу и долговечность оборудования большое влияние оказывают контроль технического состояния, организация технического обслуживания и ремонта – их своевременность и качество, наличие квалифицированного персонала, средств обслуживания, запасных частей и эксплуатационных материалов. Существует несколько систем организации планово-предупредительного ремонта и обслуживания (ППР), которые обеспечивают высокую готовность техники и безопасность ее применения. Использование того или иного варианта системы ППР зависит от характера оборудования, возможностей предприятия и требуемого уровня надежности.

Применимость той или иной системы контроля технического состояния зависит от оснащенности оборудования встроенными диагностическими средствами, организации контроля при проведении технического обслуживания и степени опасности оборудования. В последнее время начал широко применяться мониторинг – техническое диагностирование машин и оборудования без вывода из работы. Мониторинг осуществляется преимущественно специализированными организациями, его применение на промышленных предприятиях позволяет добиться повышения эффективности производства до 10% за счет предупреждения отказов и сокращения простоев оборудования. Для паровых котлов электростанций и турбин ГЭС ведение мониторинга в той или иной форме узаконено отраслевыми нормативными документами.

Отдельно следует сказать о роли экспертных организаций (ЭО), работающих в области промышленной безопасности, в осуществлении контроля за техническим состоянием оборудования на опасных производствах. ЭО осуществляют экспертизу промышленной безопасности при вводе ряда объектов в эксплуатацию, проводят освидетельствование оборудования в тех случаях, когда это предусмотрено нормативной документацией, выполняют работы по диагностике и мониторинг в период работы оборудования, проводят экспертизу промышленной безопасности оборудования, отработавшего нормативные сроки, с целью установления возможности продления

сроков его эксплуатации за пределами установленного изготовителем срока, а также проводят другие виды экспертизы оборудования. Таким образом, ЭО встроены в общую систему обеспечения безопасности оборудования.

Влияние человеческого фактора можно наблюдать на всех четырех этапах. На этапе конструирования разработчик основное внимание уделяет тому, что изделие должно удовлетворять, прежде всего, заложенным в техническом задании параметрам, а вопросы надежности и безопасности часто отходят на второй план. Во многом результат проектирования зависит от квалификации и опыта разработчиков.

На этапах изготовления и монтажа влияние человеческого фактора также велико, особенно это относится к службам, осуществляющим контроль за качеством. Допущение отступлений от нормативов на этапе приемочных испытаний, которое иногда имеет место, в дальнейшем может иметь серьезные последствия.

Особенно важно обеспечение соблюдения требований безопасности при эксплуатации оборудования. Безопасность работы обслуживающего персонала обеспечивается его квалификацией и опытом, мероприятиями по повышению квалификации работников – непрерывным обучением, наличием четких производственных инструкций и инструкций по технике безопасности, а также постоянным контролем со стороны руководителей работ. Особое внимание руководителей должно уделяться соблюдению требований производственной дисциплины.

Существует много способов эффективного управления коллективом, которые позволяют добиваться высокой производительности и безопасности работы, например, применение системы моральных и материальных поощрений и наказаний, и других систем стимулирования, но это отдельный вопрос.

Выводы. Система обеспечения безопасности оборудования, работающего на опасных производственных объектах, представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, связанных единой целью. Поскольку система является диффузной, многие связи в этой системе являются нечеткими, но все ее компоненты, рассмотренные в данной статье, так или иначе, влияют на достижение единой цели – безопасности машин и оборудования.

Библиография

- 1 Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 № 116-ФЗ с изменениями согласно Федерального закона от 4.03.2013 г № 22-ФЗ.
- 2 Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 010/2011. О безопасности машин и оборудования.
- 3 Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 032/2014. О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением.
- 4 Бардышев О.А. Системный анализ и принятие решений. Учебное пособие. СПб.: ПГУПС. 2004. - 90 с.
- 5 Бардышев О.А., Бардышев А.О. Промышленная безопасность и сертификация оборудования. «Механизация строительства», 2014. № 6, с. 17-20.

УДК 349

ОПЫТ ЭКСПЕРТИЗЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭСКАЛАТОРОВ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

Попов В.А., кандидат технических наук, доцент, академик МАНЭБ, vpopov_58@mail.ru; **Коровин С.К.**, кандидат технических наук, доцент; **Уралов В.Л.** кандидат технических наук, доцент; **Филин А.Н.**, кандидат технических наук; ФГБОУ ВО Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I

Аннотация. В Петербургском метрополитене значительное количество эскалаторов отработало нормативные сроки и подлежит замене. В связи с проблемами в замене эскалаторов, принято решение о проведении по ним экспертизы промышленной безопасности для продления срока их службы. В статье рассматривается опыт экспертизы промышленной безопасности эскалаторов экспертными организациями Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: эскалатор, экспертиза, Приведена методика прогнозирования остаточного ресурса эскалаторов на основе оценки величины коэрцитивной силы. техническое состояние, ресурс.

THE EXPERIENCE OF INDUSTRIAL SAFETY EXPERTISE OF ESCALATORS AT ST-PETERSBURG

Popov V.A., Korovin S.K., Uralov V.L.

Abstract. At Petersburg metropolitan big percent of escalators worked out the regulatory deadlines and must be changed. The decision of problems – carrying out the industrial safety expertise for extension of escalators service life. The article deals with experience of such expertise fulfilled by St-Petersburg expert organizations. At article is given methodology for predicting the residual resource based on an estimate of coercive force.

Keywords: escalator, expertise, technical condition, resource.

На конец 2019 года на балансе Петербургского метрополитена было 303 эскалатора 20 типов и 30 пассажирских конвейеров (траволаторов) двух типов. Срок службы 70% парка эскалаторов к 2019 году превысил установленный нормативно-технической документацией. Эскалаторы станций первой линии ЭМ-4 и ЛТ-1 отработали от 56 до 59 лет при нормативном ресурсе 50 лет и прошли в среднем по 9 капитальных ремонтов, эскалаторы ЛТ-2 и ЛТ-3, установленные на станциях следующих линий, отработали от 41 до 55 лет при нормативном ресурсе 50 лет и прошли в среднем по 7 капитальных ремонтов. Более новые эскалаторы ЭТ-2 отработали от 31 до 38 лет, но их нормативный ресурс составляет 30 лет. В целом по городу более 80 эскалаторов отработали нормативный срок и подлежат замене.

Большая стоимость замены эскалаторов, ограниченность ресурсов города для решение этой задачи, а также достаточно длительные сроки закрытия станций (до 12 месяцев) с учетом того, что большинство станций имеет один выход, одним из

возможных решений было продление срока службы эскалаторов свыше нормативного срока в тех случаях, когда ресурс основных конструкций и агрегатов это позволяет.

В связи с отработкой нормативных сроков службы в 2005 году эскалаторами первых пяти станций Кировско-Выборгской (ныне Красной) линии, Эскалаторной службой Петербургского метрополитена было принято решение о проведении обследования этих эскалаторов с целью продления срока эксплуатации. Для этого было привлечено ЗАО «Санкт-Петербургская Техническая экспертная компания» (ЗАО «СТЭК»), ранее выполнявшая различные экспертные работы для Петербургского метрополитена.

Задача обследования, в форме экспертизы промышленной безопасности тоннельных эскалаторов, относящихся к четвертому классу опасности [1], имеет целью определение фактического технического состояния эскалатора, оценку величины его остаточного ресурса и получение рекомендаций о возможности продления срока эксплуатации, величины этого срока и необходимости проведения ремонтных и других мероприятий для обеспечения безопасности эксплуатации эскалатора в течение дополнительного периода его работы. [2, 3]

Для проведения экспертизы промышленной безопасности эскалаторов коллективом авторов с участием специалистов ЗАО «СТЭК», кафедры «Подъемно-транспортные, путевые и строительные машины» Петербургского государственного университета путей сообщения, ЗАО «Эс-сервис» и представителей Северо-Западного управления Ростехнадзора и Эскалаторной службы были разработаны «Методические рекомендации по обследованию технического состояния и расчету остаточного ресурса эскалаторов Петербургского метрополитена», согласованные Центральным аппаратом Ростехнадзора в 2005 г.

Этот документ отличался от ранее разработанной методики для Московского метрополитена, в том числе тем, что были учтены конструктивные особенности эскалаторов Петербургского метрополитена, оснащение лабораторий неразрушающего контроля, которые предполагалось привлечь к этой работе, разработана методика обследования оснований и фундаментов, стандартизированы формы документации к Техническому отчету по обследованию эскалаторов. Кроме того, были разработаны новые требования к неразрушающему контролю при обследовании металлоконструкций эскалаторов, включая оценку напряженного состояния металла, предусмотрено обследование состояния фундаментов, предложена методика оценки остаточного ресурса эскалаторов.

Работа по этим «Методическим рекомендациям...» продолжалась до 2014 г, когда этот документ был переработан в СТО ПГУПС-10-112-ЭС-2014 «Методические рекомендации по обследованию технического состояния и расчету остаточного ресурса, с целью определения возможности продления срока безопасной эксплуатации эскалаторов Петербургского метрополитена» в связи с изменениями в ряде нормативных документов Ростехнадзора [2, 3].

В новом документе уточнены требования к экспертной организации, экспертам, состав представляемых документов, порядок и состав операций по обследованию эскалатора и отчетная документация. Из объема работ исключено обследование

фундаментов, поскольку опыт его проведения не выявил существенных недостатков в основаниях эскалаторов, а также исключен рентгеновский контроль из-за ужесточения требований безопасности при работе с переносными рентгеновскими аппаратами.

К экспертной организации предъявляются требования наличия лицензии Ростехнадзора на право проведения экспертизы промышленной безопасности технических устройств, наличия аттестованных экспертов с опытом работы с эскалаторами и лаборатории неразрушающего контроля.

Лаборатория должна иметь аттестацию на право работы с подъемными сооружениями, аттестованных специалистов и набор поверенных приборов и эталонов, необходимых для проведения замеров в соответствии с программой работ по обследованию.

К экспертам предъявлялись требования наличия высшего образования по специальности «подъемные сооружения», аттестации по промышленной безопасности и опыт работы по подъемным сооружениям не менее 5 лет. Кроме того, учитывая особенности работы по обследованию в ночное время и в стесненных условиях наклонного тоннеля, эксперт должен был пройти медицинскую комиссию с допуском к такой работе.

Перед началом обследования экспертная организация разрабатывает и согласовывает с владельцем программу обследования. Приказом по экспертной организации определяются состав группы экспертов и привлекаемых специалистов, в том числе назначается руководитель группы. Службами метрополитена оформляются допуски к работе и согласовывается график выполнения работ по экспертизе эскалаторов конкретной станции Петербургского метрополитена.

В течение 2005-2019 годов совместно экспертными организациями «ЗАО СТЭК» и кафедры ПТПСМ ПГУПС с участием специалистов-электриков ЗАО «Эс-сервис» проводилась экспертиза промышленной безопасности эскалаторов (обследование) с целью установления возможности продления сроков и условий эксплуатации свыше нормативного срока. Для этого была сформирована бригада из экспертов по подъемным сооружениям и специалистов по неразрушающему контролю и фундаментам. Экспертиза включала оценку технического состояния эскалатора и прогнозирование его ресурса с целью получения рекомендаций о возможном продлении срока эксплуатации эскалатора.

Всего за этот период было обследовано 218 эскалаторов Петербургского метрополитена, в том числе по типам: ЭМ-4 – 15 ед., ЛТ-1 – 15 ед., ЛТ-2 – 44 ед., ЛТ-3 – 30 ед., ЭТ-2 – 37 ед., ЭТ-2М – 31 ед., ЭТ-3 – 3 ед., ЭТ-4БС – 4 ед., ЭТ-5 – 3 ед., ЭТ-5М – 14 ед., ЭТ-12 – 4 ед., ЭТ-12П – 8 ед.

По результатам экспертизы и расчету остаточного ресурса срок службы вышеуказанных эскалаторов был продлен до 15 лет в зависимости от их технического состояния.

В соответствии с «Методическими указаниями», в состав работ по проведению экспертизы промышленной безопасности эскалаторов проводилась проверка условий эксплуатации и соответствия их эксплуатационной и нормативно-технической документации, обследование ответственных металлоконструкций с применением

неразрушающих методов контроля, контроль технического состояния механического оборудования и электрооборудования эскалатора, контроль состояния оснований и фундаментов, а также испытания эскалатора с целью поверки его электромеханических характеристик.

Обследование металлоконструкций. Ресурс эскалатора во многом определяется состоянием его металлоконструкций, поэтому основное внимание при экспертизе обращалось на их обследование с помощью средств неразрушающего контроля.

В перечень работ по обследованию состояния металлоконструкций эскалаторов входят: визуальный осмотр металлоконструкций секций эскалатора по всем зонам и направляющих бегунков ступеней на рабочей и холостой ветвях с замером толщины съемных элементов, проведение толщинометрии основных элементов ферм и направляющих.

Для оценки ресурса металлоконструкций проводился магнитный контроль основных элементов металлоконструкции с замерами остаточных коэрцитивных сил, результаты магнитного контроля давали возможность рассчитывать остаточный ресурс.

При обследовании проверяется состояние узлов и элементов металлоконструкций, соединений металлоконструкций (сварных, болтовых и т.д.), выявляется наличие коррозии, остаточной деформации, прогибов, механических повреждений и других дефектов.

При этом применяются различные виды неразрушающего контроля, в том числе визуальный и измерительный, ультразвуковой, капиллярный, магнитный. Используются наборы для визуально-измерительного контроля, включающие лупы, линейки, штангенциркули, угольники, универсальный шаблон сварщика и др., а также ультразвуковые дефектоскопы и толщиномеры, магнитные структуроскопы, наборы пенетрантов.

Внешний осмотр элементов металлоконструкций эскалатора и сварных швов выполнялся из проходов снаружи фермы и через проемы в лестничном полотне изнутри фермы во всех доступных местах.

Внешним осмотром выявляются местные механические и коррозионные повреждения элементов металлоконструкций, трещины в металле и сварных швах, непровары и не заваренные прожоги в сварных швах, поры и шлаковые включения, подрезы основного металла у сварочных швов, а также состояние лакокрасочных покрытий. Внешнему визуальному осмотру подвергались 100% общей длины сварных швов металлоконструкции эскалатора.

Для проверки наличия трещин использовался капиллярный метод с набором специальных пенетрантов, а также ультразвуковой контроль.

Ультразвуковой контроль сварных швов и околошовной зоны металла производился для выявления скрытых дефектов (трещин) выборочно, при этом контролю подвергались не менее 25% суммарной длины сварных швов, при этом в зонах А и Е ультразвуковой дефектоскопией подвергалось 100% стыковых швов ответственных сварных конструкций, для чего использовались ультразвуковые дефектоскопы УД2-102, УД3-103 «Пеленг» и другие.

Для проверки сложных стыковых узлов ферм применялся радиационный контроль с помощью переносного импульсного наносекундного рентгеновского аппарата АРИНА-05.

Оценка утонения полок ферм, калиброванных полос направляющих, степени поражения элементов металлоконструкции эскалатора коррозией, а также контроль состояния болтовых и заклепочных соединений производились путем проведения толщинометрии с помощью ультразвуковых толщиномеров Булат-5УП, Взлет УТ и др. Ультразвуковой контроль толщины металла проводился в местах коррозионного износа, выявленных в процессе внешнего осмотра металлоконструкции эскалатора, а также на 100% длины направляющих бегунков ступеней на рабочей и холостой ветвях.

Коррозионные повреждения наблюдались преимущественно в опорных частях металлоконструкций зон А и Б, в элементах натяжной камеры, а также в зоне крепления подвесных крановых путей в машинном помещении (рис.1 и 2). Характерными дефектами направляющих эскалаторов были износы калиброванных пластин, накаты на их поверхности и волнообразный износ (рис. 3 и 4).



Рис.1. Трещина направляющей бегунка ступени



Рис. 2. Коррозия узла соединения горизонтальной и наклонной зон в зоне А

Уменьшение толщины основных расчетных элементов металлоконструкций и направляющих эскалатора, полученное при проведении обследований, не превышало допустимых пределов, в большинстве случаев величина находилась в пределах 3-10%, наибольший износ выявлен на направляющей вспомогательного бегунка ступени, на нерабочей ветви – до 12%. Например, средняя величина уменьшения толщины стенок металлоконструкций эскалаторов ЛТ-3 на станции «Парк Победы» после 50 лет эксплуатации (пробег 906 тыс. км) приведена в табл.1.



Рис.3. Накат на направляющей бегунка ступени



Рис. 4. Волнообразный износ направляющей бегунка ступени

Допустимый коррозионный износ несущих элементов металлоконструкции эскалаторов не должен превышать:

- для серий ЭМ, ЛТ и Е - 30% первоначального сечения;
- для серий ЭТ, ЭТХ - 15% первоначального сечения.

Таблица 1 - Уменьшение толщины стенок металлоконструкций в %

Место замера	Зона А	Зона Б	Зона Е
Верхний пояс фермы	2	1,7	3
Нижний пояс фермы	2	3	3
Стойки ферм	7,5	3,4	6,3
Раскосы	6,7	5	6,7
Калиброванные полосы направляющих	9,4	9,4	9,4

Результаты визуально-измерительного контроля, проверки на наличие трещин и ультразвуковой толщинометрии свидетельствуют о том, что металлоконструкции эскалаторов при достижении нормативного срока службы обладают достаточно большим запасом прочности и допускают продление срока службы. Это подтверждается

допустимыми значениями величины коэрцитивной силы, которая измеряется при проведении обследования с помощью магнитного контроля напряженно-деформированного состояния металлоконструкций.

При необходимости проводился химический анализ состава металла, если в конструкторской документации на элементы металлоконструкции эскалатора отсутствуют данные о марке металла, или если металлоконструкции подверглись ремонту с применением новых элементов, на которых нет данных о металле.

Обследование механического оборудования. Постоянный контроль технического состояния эскалатора специалистами Эскалаторной службы и проведение плановых ремонтов обеспечивает отсутствие серьезных дефектов привода и другого механического оборудования, которые могли бы быть выявлены при экспертизе промышленной безопасности. Вместе с тем, определенные дефекты при обследовании выявляются. Для продления срока службы эскалаторов устранение их необходимо.

При обследовании привода проверяется техническое состояние составных частей привода, натяжной станции эскалатора и привода поручневого механизма. Выявляется наличие дефектов, повреждений, неисправностей, износ деталей и зубчатых зацеплений редукторов основного и вспомогательного приводов, для этого производится вскрытие редукторов. Особое внимание уделяется состоянию рабочего и аварийных тормозов – наличию рисков и износа барабанов, толщине фрикционных накладок, регулировке тормозов и др.

Ультразвуковому контролю по эхо-методу подвергались все валы редуктора. Замер износа зубчатых пар редукторов и муфт проводился штангензубомером. Следует отметить, что при проведении осмотров и замеров зубчатых зацеплений редукторов дефектов не выявлено, износ зубьев шестерен был в пределах нормы, дефектов валов при УЗК-контроле не обнаружено.

При обследовании лестничного полотна ступени и тяговые цепи выборочно подвергаются визуально-измерительному контролю, но не менее 10% ступеней и 5% плетей цепи. При необходимости, выборочно плети цепей проверяются на специальных стендах. Износ цепи определяется выборочно на участке не менее, чем в 10 звеньев. По тяговым цепям, ступеням, рабочим и аварийным тормозам выявленные дефекты носили малозначимый характер и в основном устранялись в процессе экспертизы.

При проведении обследования контролируется функционирование эскалатора в паспортных режимах, проводится проверка срабатывания устройств безопасности, время срабатывания рабочего и аварийного тормозов, производится замер рабочего и аварийного тормозных путей.

Обследование электрооборудования. При обследовании состояния электрооборудования после визуального осмотра электрооборудования эскалатора проводятся замеры защитного заземления (зануления) и сопротивления изоляции электрических сетей и электрооборудования эскалатора, включая электродвигатели, проверка наличия цепи между заземленной электроустановкой и ее элементами, проверка срабатывания защиты при системе питания электроустановок напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью. При этом могут использоваться протоколы замеров, выполненных ранее.

При экспертизе электрооборудования помимо проверки технического состояния электродвигателей, контакторов, реле, выключателей безопасности, электромагнита тормоза и т.п. подлежит обследованию состояние помещений, отсутствие протечек в перекрытиях строительных конструкций, исправность шкафов, пультов управления, наличие замков в шкафах и ограждениях и т.п.

Основные дефекты, которые выявляются при обследовании электрооборудования – нарушение сопротивления изоляции, разрывы заземляющего контура из-за коррозии, повреждение обмотки кабеля, коррозия металлорукавов и экранов, наличие просроченных силовых и контрольных кабелей. По этим дефектам даются рекомендации по устранению. В ряде случаев даются рекомендации по замене морально и физически устаревших элементов шкафов управления, пультов и т.п. Эти дефекты не влияют на ресурс эскалатора в целом, так как могут быть устранены в короткие сроки.

Обследование фундаментов и опор металлоконструкции и механизмов проводилось в начальный период работы по экспертизе промышленной безопасности и имело целью определение состояния бетона и арматуры. Кроме визуального контроля проверялась прочность бетона с помощью прибора ультразвукового контроля прочности бетона УК-14П и состояние арматуры с помощью цифрового металлоискателя ДМО-10Е.

Выявленные дефекты относились к третьей группе по состоянию конструкций (локальные повреждения) в виде сколов бетона, вскрытой арматуры, трещин в бетоне фундаментов (опор) несущих ферм эскалаторов. Опыт обследования фундаментов в течение нескольких лет показал, что серьезных дефектов выявлено не было, и из-за высокой трудоемкости этой работы в дальнейшем от обследования фундаментов отказались.

Прогнозирование остаточного ресурса эскалаторов. Одним из основных результатов экспертизы является прогнозирование остаточного ресурса несущих элементов металлических опорных конструкций эскалаторов. Специалистами ПГУПС разработаны «Методические указания по проведению магнитного контроля напряженно-деформированного состояния и расчету остаточного ресурса металлоконструкций эскалаторов Петербургского метрополитена» [2, 8].

Для расчета остаточного ресурса металлоконструкции эскалаторов использовался метод магнитного контроля с применением структуроскопа-коэрцитиметра КРМ-Ц-К2М, позволяющий осуществлять выявление наиболее нагруженных элементов металлоконструкций и мест концентрации напряжений, определять элементы, имеющие необратимые пластические деформации металла, где возможно образование дефекта, контролировать накопление повреждений в местах с повышенной концентрацией напряжений (деформаций), определять уровни остаточных напряжений и деформаций в элементах металлоконструкций, а также получать оценку остаточного ресурса ответственных элементов металлоконструкций и прогнозирование возможности дальнейшей эксплуатации эскалатора.

В качестве основного контролируемого параметра была выбрана величина коэрцитивной **силы** H_c , так как она однозначно связана с остаточной пластической

деформацией ε_p (амплитудой необратимой деформации), при статическом и циклическом нагружении металлоконструкции в процессе эксплуатации.

$$H_c = \frac{B}{E} + \left(\frac{B}{K}\right)^{1/n}, \varepsilon_p = \frac{\sigma}{E} + \left(\frac{B}{K}\right)^{1/n},$$

где B – остаточная индукция;

σ – амплитуда нагружения;

K – циклический коэффициент напряжения;

n – циклический коэффициент упрочнения;

E – модуль упругости.

По своей природе H_c и ε_p являются взаимосвязанными параметрами, возрастающими при циклическом нагружении, как это можно видеть при анализе магнитных и деформационных петель гистерезиса.

При наличии корреляционных зависимостей между H_c и ε_p по величине коэрцитивной силы можно вести контроль накопления повреждений в металле, упруго-пластической деформации металла, а также прогнозировать усталостную долговечность металла.

Практически все виды сталей, применяемых при конструировании несущих элементов эскалаторов, относятся к классу разупрочняемых, у которых $n \leq 0,1$, а величина H_c в состоянии поставки сравнительно невысока: от 1,5 до 10 А/см. Для таких сталей, как правило, существует устойчивая корреляция магнитных и физико-механических свойств с коэффициентом корреляции не хуже, чем 0.9. Поэтому магнитный метод может обеспечить оперативный контроль структурного состояния несущих элементов металлоконструкций эскалаторов.

Поэтому для оценки остаточного ресурса металлоконструкций эскалатора, отработавшего свой нормативный срок службы, необходимо установить его реальный режим нагружения и частоту использования. После чего, измерив величину H_c (А/см), по усталостным зависимостям $H_c(N)$ для соответствующих режимов нагружения можно оценить остаточный ресурс металлоконструкции эскалатора. Учитывая, что критические значения коэрцитивной силы H_c при статическом и циклическом нагружении достаточно близки по абсолютной величине, определение остаточного ресурса элементов металлоконструкции эскалаторов можно вести одновременно с контролем напряжённо-деформированного состояния этих металлоконструкций.

Номограммы построены в координатах: значения коэрцитивной силы H_c (А/см) – число циклов нагружения N . Максимальные напряжения цикла (варьируются в широком интервале нагрузок от 15 до 35 кг/мм²), обеспечивая весь диапазон режимов нагружения эскалаторов. Определение режима нагружения эскалатора производят на основании анализа трёх групп показателей: фактического (эксплуатационного) пробега или времени работы; нагрузок, действующих на эскалатор и его элементы при

обеспечении заданной производительности; продолжительности действия этих нагрузок и условий эксплуатации конкретного эскалатора с помощью группы коэффициентов.

Установив режимы нагружения по паспорту и фактический, производят магнитный контроль несущих элементов металлоконструкций и выбирают участки с максимальными значениями $H_c^{\max}$. По номограмме восстанавливают перпендикуляр до пересечения с кривой $N(H_c)$ для соответствующей амплитуды нагружения σ_c и получают значение N_0 . Разность между максимальным числом циклов до разрушения N_p и N_0 для данного σ_c составит оставшееся число циклов работы эскалатора:

$$N_{ост} = N_p - N_0,$$

Остаточный ресурс в километрах пробега (в сменах) можно вычислять, зная ожидаемую загрузку эскалатора и частоту нагружения на 1 км пробега (в смену), $C_{см}$, в процессе эксплуатации:

$$P = (N_p - N_0) / C_{см},$$

Показателем остаточного ресурса P по ГОСТ 27.002-89 является величина γ - процентный ресурс – суммарная наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с вероятностью γ , выраженной в процентах. При использовании усталостных номограмм магнитного контроля остаточный ресурс P определяется в % к общей долговечности металла конструкции с вероятностью 0,9 (90 %).

Ресурс металлоконструкции может быть увеличен за счёт своевременного выявления дефектных зон и проведения ремонта, позволяющего восстановить механические свойства металла.

Выводы. В результате проведенной экспертизы промышленной безопасности эскалаторов с истекшим сроком службы получается объективная картина технического состояния эскалатора, которая позволяет прогнозировать его ресурс и давать рекомендации на продление его срока службы. Экспертиза является эффективным и экономически целесообразным методом обеспечения безопасной эксплуатации парка эскалаторов, отработавших нормативные сроки.

Внесенное установленным порядком в реестр Ростехнадзора заключение экспертизы промышленной безопасности является правовым основанием для продления срока службы эскалатора.

Библиография

1. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.97 № 116-ФЗ с изменениями согласно Федерального закона от 04.03.2013 № 22-ФЗ.
2. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности. (утверждены приказом Ростехнадзора 24.11.2013 № 538, зарегистрированы Минюстом России 26.12.2013 №30855).
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности эскалаторов в метрополитенах». Утверждены приказом

Ростехнадзора от 13.01.2014 г № 9, зарегистрированы Минюстом России 26.03.2014 г № 31737.

4. ГОСТ Р 54765-2011 (ЕН 115-1:2010). Национальный стандарт Российской Федерации. Эскалаторы и пассажирские конвейеры. Требования безопасности к устройству и установке.
5. ГОСТ 33966.1-2016 (ЕН 115-1:2008+A1:2010). Эскалаторы и пассажирские конвейеры. Требования безопасности к устройству и эксплуатации.
6. О.А.Бардышев, В.Л.Уралов, В.А.Попов. Петербургское метро: Проведение экспертизы тоннельных эскалаторов. // Берг-Коллегия. – 2007, № 3. - с. 26-27.
7. Попов В.А., Бардышев О.А., Ватулин Я.С., Щербаков А.В. Оценка ресурса тоннельных эскалаторов Петербургского метрополитена. // Механизация строительства.- 2015, - №1 (847). - с. 35-39.
8. Бардышев О.А., Попов В.А., Дружинин П.В., Бардышев А.О. Экспертиза безопасности эскалаторов в метрополитенах.// В сб. Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах. СПб ГАСУ. - 2016. 28-30 сент. (русский и английский вар.) в эл.виде.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 621.0

РАДИАЦИОННО-СТИМУЛИРОВАННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПОЛУЧЕНИЯ АКТИВНОГО УГЛЯ

Ахундов Р.Г. адъюнкт, Военная Академия Вооруженных Сил Азербайджанской Республики.

Ахмедова А.Г. кандидат технических наук, доцент; **Даньялов Ш.Д.** кандидат технических наук, доцент; **Мустафаев И.И.** доктор химических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Азербайджана, академик МАНЭБ, заведующий кафедрой «ЧС и БЖД» imustafayev@mail.ru; Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет

Аннотация. Исследованы закономерности образования активного угля из каменноугольного кокса под действием гамма-лучей и высокой температуры. Было выявлено стимулирующее воздействие радиации на этапах получения активированного угля, то есть в процессах коксования каменного угля, и активации. По сравнению с термическими процессами наблюдалось снижение температуры процессов на 200-400°C, увеличение скорости реакции углеродистых веществ газифицирующим агентом, повышение сорбционной емкости и механической прочности полученного продукта. Сорбционная способность активных углей, модифицированных радиационным методом больше в 2,3 раза, чем у адсорбентов, полученных термическим методом. Под воздействием радиации в углеродном материале в результате процессов поликонденсации механическая прочность изделия увеличивается на 11,3%. Обсужден механизм изучаемых процессов и показано, что происходящие процессы связаны с высокой проникаемостью и химическим воздействием ионизирующего излучения. Проведены технико-экономические оценки и показано, что на электронном ускорителе мощностью 5,0 кВт можно производить 28800 тонн высококачественного углеродного адсорбента в год.

Ключевые слова: каменный уголь, гамма лучи, микропоры, адсорбция, адсорбенты, механическая прочность.

RADIATION-STIMULATED PROCESSES OF PRODUCTION THE ACTIVE CHARCOAL

Akhundov R.G., Ahmedova A.H., Danyalov Sh., D., Mustafayev I.I.

Abstract. The regularities of the formation of carbon adsorbent from charcoal coke under the influences of ionizing radiation and heat have been studied. In both stages of obtaining active adsorbent, i.e. in coking and activation processes, the stimulating effect of radiation is observed. Thus, a temperature decline by 200oC-400oC compared with thermal processes, and increase

in sorption capacity and mechanical strength of the obtained product were observed. The sorption capacity of the activated carbon by radiation-thermal methods 2,3 times more the adsorbent produced by thermal methods. As a result of polycondensation processes occurring under the effect of radiation on the carbon material, the mechanical strength of the product increases by 11.3%. The mechanism of the investigated processes is discussed, and it is shown that the occurring processes are due to the high penetrating ability and chemical effects of ionizing radiation. The technico-economical evaluation has been conducted and it has been found that using the electron accelerator having the beam power of 5,0 kW, allows producing 28,800 tons' high-quality carbon adsorbents per year.

Keywords: charcoal, gamma rays, micropores, sorption volume, adsorbents, sorption, mechanical strength

Введение. Активные угли разнообразны по своему назначению и свойствам [1]. Они широко применяются в различных областях техники, медицине, экологии и др. Особые требования предъявляются к селективности и сорбционной емкости активных углей. В зависимости от этих требований подбираются сырье и методы получения активированного угля. Для высокой сорбционной способности активных углей необходимо добиться высокой степени очистки микропор от смол, находящихся в их структуре. Однако возможность влиять на микропоры очень ограничена в традиционных термических методах. Это связано с тем, что смолу в этих порах трудно разрушить, поскольку скорости процессов тепло-масса обмена в микропорах размером 1,0-1,5 нм очень малы. В процессе активации, осуществляемого при взаимодействии водяного пара при давлении 1-2 МПа и при температуре 800-900°C, остатки смолы не позволяют значительно увеличить сорбционный объем. В более экстремальных условиях, сами перегородки между сформированными микропорами вступают в реакцию, вызывая слияние пор и образование переходных пор размером более 10 нм или макропор размером более 100 нм. Это приводит к уменьшению объема сорбции, а также механической прочности активированного угля. В литературе существуют различные варианты применения излучения для увеличения адсорбционной способности адсорбентов [2]. Было установлено, что в результате облучения углеродных адсорбентов γ -лучами и ускоренными электронами при комнатной температуре наблюдается увеличение на 60% его адсорбционной способности по ацетату цинка [3]. Влияние высокочастотного разряда на кинетику адсорбции O_2 и CO_2 на поверхности угля и графита было изучено И.Б. Кричко [4]. Было установлено, что адсорбция газов на поверхности углеродных адсорбентов ускоряется под воз действием электронов с энергией $E = 2,5-9,5$ эВ. Авторы [3] нашли, что в результате двухстадийной обработки адсорбционная емкость углеродных адсорбентов «Pittsburg», «AST», «Dreier E-900» по газам при оптимальных условиях увеличивается до 69%.

В нашем исследовании, основываясь на высокой проникающей способности и химическом воздействии ионизирующего излучения, рассмотрены возможности получения активного угля в более мягких условиях -при относительно низких температурах и давлении.

Получение активированного угля осуществлялось в 2 этапа: на первом этапе углеродосодержащее вещество коксовали в бескислородной среде, а на втором этапе

кокс активировали в среде водяного пара. Результаты первого этапа приведены в [4]. На втором этапе полученный полукокс подвергался радиационно-термической газификации водяным паром и получен конечный продукт - активированный уголь. Эти результаты приводятся в данной работе.

Методика. С методической точки-зрения установка газификации (рис.1) отличается от полукоксования тем, что в данном случае используется блок для подачи водяного пара (7) и отсутствует приемник жидких продуктов, поскольку такие продукты не образуются. На обоих этапах вещество подвергалось воздействию гамма-излучения изотопа Co-60. Мощность дозы, определяемая методом дозиметра ферросульфата, колебалась в интервале $P = 0,14-0,18$ Гр/с.

Образец в стационарных условиях подвергается воздействию ионизирующего излучения и температуры в течение всего эксперимента в реакторе 3. Для вывода продуктов из реакционной зоны, из баллона с инертным газом (1) по коммуникационным трубам (2) подавался инертный газ со скоростью 1 мл/сек. Температуру образца (5) поддерживали постоянной в реакторе с помощью нагревательных спиралей (4) и терморегулятора (6), водяной пар подается в систему через водяной объем дозатором (7), газовые продукты собираются в газометре (8), твердые продукты остаются в реакторе (3). Реакторная часть устройства располагается в зоне максимального воздействия гамма-излучения.

После проведения эксперимента определяли сорбционную емкость по бензолу и механическую прочность активированного угля, оставшегося в реакторе. Сорбционную емкость по бензолу измеряли в вакуумной установке, а для определения механической прочности использовали метод МИС-60-8.

Результаты и обсуждение. Как мы показали в [4] при 500°C выход полукокса из каменного угля составлял 66% . В данной работе этот полукокс газифицировали водяным паром под воздействием радиации и тепла. Далее измеряли свойства и выход газовых и твердых продуктов процесса.

Кокс, полученный на второй стадии, подвергали активации при 500°C в среде водяного пара. Зависимость между сорбционной способностью по бензолу и поглощенной дозой облучения приведена на рис. 2.

Таким образом, сорбционный объем после радиационно-термической активации каменно-угольного кокса в присутствии водяного пара возрастает в 2,3 раза. В отсутствии водяного пара этот рост не превышает 1,7 раза. Разница в радиационном эффекте обусловлена реакциями смолистых веществ с водяным паром. При отсутствии газифицирующего агента (H_2O) микропоры трудно открываются, и поэтому существенное повышение сорбционного объема не наблюдается.

Следует отметить, что хотя наблюдается увеличение объема микропор до поглощенной дозы 5,0 кГр, при последующих значениях дозы наблюдается тенденция к насыщению, и эту дозу можно рассматривать как оптимальную дозу.

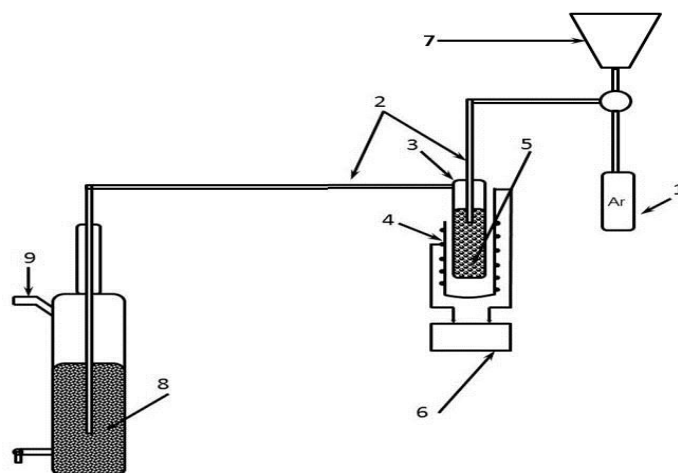


Рис. 1. Схема экспериментального устройства для получения активного угля из полукокса: 1- газовый баллон; - коммуникационные трубы; 3-реактор; 4-спирали для нагрева реактора; 5-образец; 6- терморегулятор; 7- объем для воды с дозатором, 8- газометр; 9- выход на хроматограф.

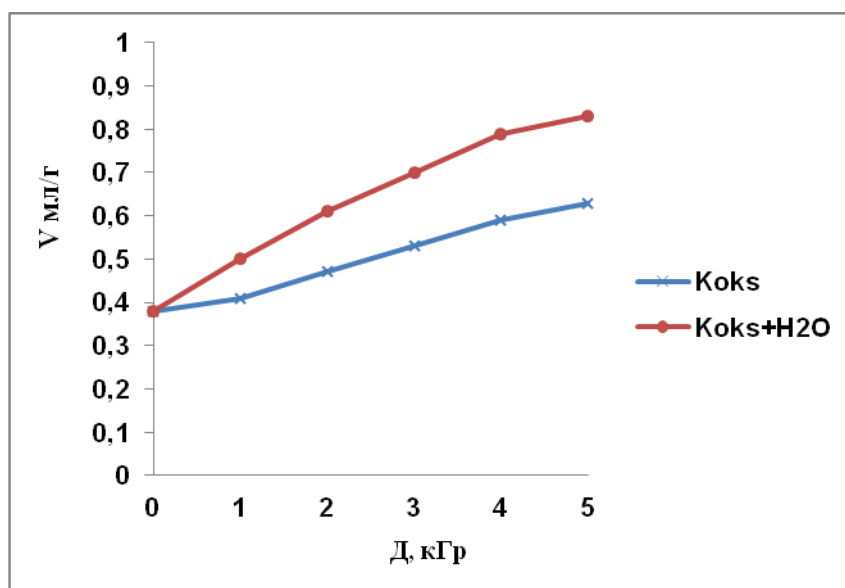


Рис.2. Зависимость сорбционной емкости активированного кокса от поглощенной дозы.
T=500°C

Поскольку изучение особенностей радиационно-термического процесса является относительно новой областью, в литературе существует ограниченное количество исследовательских и конструкторских работ. Под воздействием радиации происходит торможение ионизирующего излучения и образование вторичных электронов с высокими химическими эффектами во всем объеме. В результате этого, разложение смолы в микропорах и путях, ведущих к ним, происходят с большой скоростью.

Образование водорода, монооксида углерода и метана в порах происходит при следующих радиационно-стимулированных реакциях



Несмотря на то, что эти реакции со значительной скоростью протекают при температуре более 700°C, ионизирующее излучение, вызывающее активацию и диссоциацию газов, значительно ускоряет процесс



Поскольку атомы углерода относительно более активны в микропорах и путях, ведущих к ним, они даже активно участвуют в цепных реакциях:



Кинетика образования H_2 , CO и CH_4 при радиационно-термической активации кокса в среде водяного пара приведена на рис.3

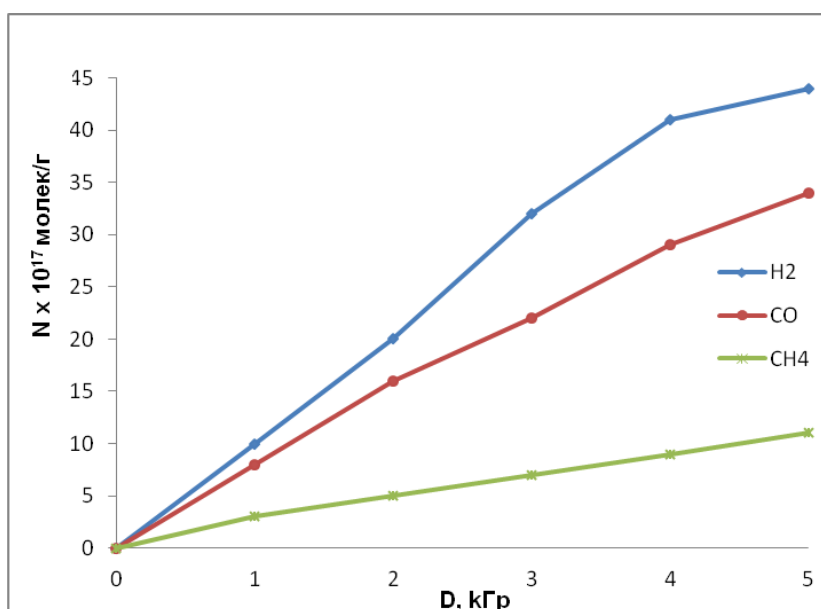


Рис. 3. Кинетика образования H_2 , CO и CH_4 при радиационно-термической активации кокса в среде водяного пара

Радикалы OH , образовавшиеся в последней реакции, снова с высокой скоростью вступают в реакцию с атомами C и смолой в микропорах, производя H_2 , CH_4 и CO газы. В аналогичных экспериментах было установлено, что радиационно-химический выход этих газов составляет $G(H_2) = 50-60$ молекул/100 эВ. То же самое можно сказать и об образовании монооксида углерода. Такие же результаты были получены и при измерении образования монооксида углерода. Помимо реакции $C + OH$, в зависимости от условий процесса возможна также рекомбинация OH -радикалов



В этих процессах радиационно-химический выход целевой реакции определяется скоростями реакций (3-6). Скорость реакции (3) зависит от интенсивности ионизирующего излучения, тогда как скорости реакций (4-6) зависят главным образом от температуры. Таким образом, изменяя скорость поглощенной дозы и температуру, можно управлять скоростью и направлением радиационно-термического процесса.

Влияние радиационного воздействия на активированные угли в определенных условиях приводит к повышению их механической прочности. Зависимость механической прочности активированного угля, полученного каменноугольного кокса от поглощенной дозы приведена на рис.4.

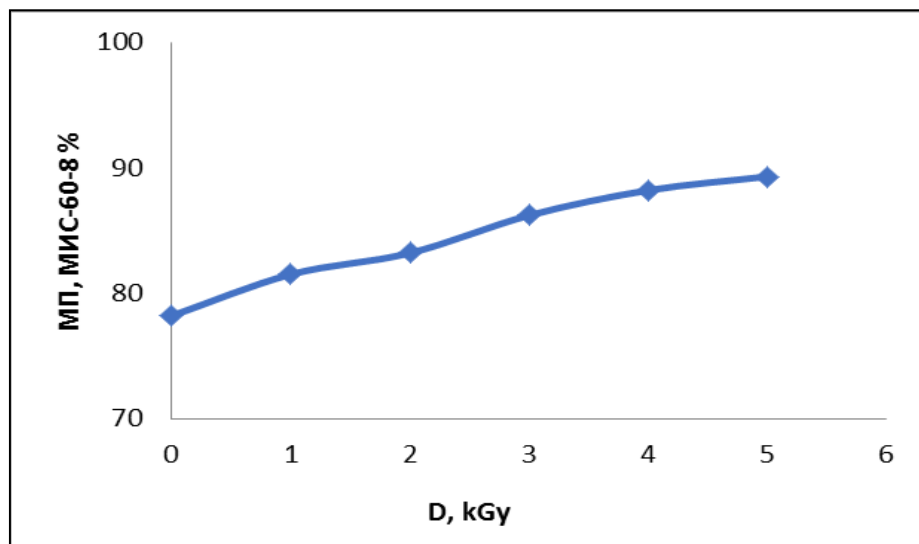


Рис.4. Зависимость механической прочности активированного угля от поглощенной дозы

Как видно, изменение поглощенной дозы до 5 кГр увеличивает механическую прочность с 78,2% до 89,3% в соответствии с методом МИС-60-8, что приводит к снижению расхода активного угля на 11,1% или увеличению времени эксплуатации.

При облучении гетерогенной системы $C+H_2O$ помимо газовой среды в углеродной матрице также появляются радиационные химические дефекты. Концентрация этих дефектов рассчитывается по следующей формуле:

$$N_a = G_a \cdot P \cdot 10^{-2} \cdot \tau \quad (8)$$

где: G_a - радиационно-химический выход активных частиц, 1/100 эВ

P - мощность дозы поглощенного излучения, эВ/г сек

τ - длительность излучения, сек

Радиационное воздействие на высокомолекулярные соединения в определенных дозах стимулирует процесс сшивания вещества и повышает их механическую прочность. В этих исследованиях была определена зависимость механической прочности активного угля, полученного из каменноугольного кокса от поглощенной дозы.

Известно [7, 8], что уголь состоит из многофункциональных полиароматических соединений с системой полисопряженных связей. Так и в случае полимерных материалов с полисопряженными связями при облучении угля можно ожидать протекание процессов деструкции и сшивания. Течение этих процессов зависит от характеристики облучаемого объекта и величины поглощенной дозы ионизирующего излучения [9].

При γ -облучении углей и их полукоксов [5, 10] в их органических массах часто наблюдаются разрыв сопряженных связей и их поперечное сшивание с образованием сетчатой структуры. Это приводит к повышению термостойкости и уменьшению парамагнетизма угля. Анализ существующих данных в литературе позволил нам предположить, что при правильном определении условий обработки угля ионизирующим излучением, помимо увеличения адсорбционной способности можно также повысить их механическую прочность.

Технико-экономические показатели модификации угля под радиационно-химическим воздействием также представляют интерес. Увеличение скорости процессов, понижение температуры, а также увеличение объема сорбции под воздействием излучения влияют на экономические показатели радиационно-химических процессов.

Производительность радиационно-химического процесса определяется по следующей формуле:

$$\Pi = \frac{kP_e}{D_0} \quad (9)$$

где: k – коэффициент поглощения излучения углеродосодержащим веществом, может достигать $\sim 0,80$

P_e – мощность источника излучения, кВт

D_0 – доза, необходимая для осуществления процесса. В нашем эксперименте $D_0 = 4,0$ кДж/кг.

При использовании ускорителя электронов с мощностью пучка 5,0 кВт:
 $\Pi = \frac{5 \text{ кВт} \cdot 0,8}{4,0 \text{ кДж/кг}} = 1 \text{ кг/сек}$

Производительность установки составляет 3,6 т/ч, что соответствует существующим требованиям по производству или модификации активированного угля.

Условный экономический эффект (E_{ef}) рассчитывается по следующей формуле:

$$E_{ef} = \Delta M_k C_k - \Delta D_r M_r \quad (10)$$

где: ΔM_k – количество дополнительного условного адсорбента, полученного за счет увеличения объема сорбции в результате облучения, кг;

C_k – цена активированного угля, \$/кг;

ΔD_r – стоимость использованной для модификации радиационной энергии, \$;

M_r – количество радиационной энергии, кВт в час.

Если мы оцениваем увеличение объема сорбции как производство дополнительного сорбента (то есть, если мы оцениваем удвоение объема сорбции как 1 кг угля вместо 2 кг) и используем следующие данные:

- рыночные цены на активированный уголь: 1,0- 40,0 \$/кг;
- цена радиационной энергии: 0.05- 4,0 \$/ кВт в час.

Если мы применим эти цены, представляется возможным достичь условного экономического эффекта в тысячи долларов в час.

Как видно, чем выше цены на уголь и ниже цены на радиационную энергию тем выше экономический эффект.

Таким образом, влияние излучения на получение и модификацию активного угля объясняются фундаментальными принципами радиационной химии [11, 12].

Применение радиации при производстве углеродных адсорбентов имеет следующие особенности:

- объемное поглощение ионизирующего излучения и высокий химический эффект,
- энергоемкие процессы происходили с высокими скоростями в цепном режиме при относительно низких температурах,
- отсутствие радиоактивности и экологичность в веществах, облучаемых при относительно низких энергиях (<5 MeV).
- простота и малоэтапность радиационно-химической технологии, высокая экономическая эффективность при ее использовании для получения малотоннажных и дорогостоящих веществ.

Выводы. Механизм увеличения сорбционного объема каменноугольного кокса при радиационно-термическом воздействии заключается в объемном поглощении ионизирующего излучения и инициирование химических реакций разложения смолистых веществ в микропорах с участием реакционноспособных радиолитических частиц и водяного пара.

За счет протекания радиационно-стимулированных процессов поликонденсации в углеродистом материале происходит формирования сетчатой структуры, что приводит к увеличению его механической прочности.

Библиография

1. Axundov R.Q. Karbon adsorbentlərinin xüsusiyyətlərinin tədqiqi // Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər.- 2017. 1(3) - p.129
2. J. A. Menéndez, E.M. Menéndez, A. García, J. B. Parra, J. J. Pis. Thermal Treatment of Active Carbons: a Comparison Between Microwave and Electrical Heating. // Journal of Microwave Power and Electromagnetic Energy. Vol. 34, 1999 - Issue 3- pp.137-143
3. Руднев А.В. Радиолитиз углей. Химия твердого топлива, Москва, 1985, № 3, с. 3-11.
4. Мустафаев И.И., Ахундов Р.Г. Коксование углеродистых материалов под воздействием ионизирующего излучения. Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Том 24, № 4, стр.37-44 2019
5. Кричко И.Б., Хренкова Т.М. Воздействие γ -облучения на структуру диспергированного коксового угля // Химия твердого топлива, Москва, 1986, №1, с. 45-47.
6. Axundov R.Q. İonlaşdırıcı şüaların təsiri ilə karbonlu maddələrin koklaşdırılması // Milli təhlükəsizlik və hərbi elmlər.- 2019. 3(5) - p.47
7. Русчев Д.Д. Химия твердого топлива. Л.: Химия, 1976, 253 с.
8. Гагарин С.Г. Кинетика накопления парамагнитных центров при термическом воздействии на угли. Химия твердого топлива, Москва, 1987, №2, с. 12-23.
9. Mustafaev I., Mahmudov O., Guliyeva N. Radiation-thermal hydrodesulphurization of brown coal. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry letters, 1999, v. 242, №1, pp. 177-180.

10. Лунин В.В., Соловецкий Ю.И. Нетрадиционные методы переработки твердых топлив / Тезисы докладов VII конференции по химии и технологии твердого топлива России и стран СНГ. Звенигород, М.: МГУ, 1996, с. 261.
11. Пикаев А.К. Современная радиационная химия. Твердое тело и полимеры. Прикладные аспекты. М.: Наука, 1987, 448 с.
12. Своллоу А., «Радиационная химия», М., Атомиздат, 1976, 280с.

УДК 355.657.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕТУЛИНА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ

Ивахнюк Г.К., доктор химических наук, профессор, профессор кафедры, e-mail: grigoryivahnuk@yandex.ru, **Скрипник И.Л.**, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры, e-mail: ig.skripnick2011@yandex.ru, **Воронин С.В.**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры, e-mail: wsw1@yandex.ru, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, кафедра пожарной безопасности технологических процессов и производств.

Аннотация. Представлены недостатки применения серебра для очистки воды от вредных примесей. В ходе проведенных исследований показана возможность использования вместо серебра бетулина. Предлагается усовершенствованная технология его получения.

Ключевые слова: очистка воды, серебро, бетулин, микроорганизмы, сорбенты, вредные примеси.

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF USING BETULIN FOR PURIFICATION FROM WATER IMPURITIES

Ivakhnyuk G. K., Skripnik A.I., Voronin S.V.

Abstract: disadvantages of using silver for water purification from harmful impurities are Presented. In the course of the conducted research, the possibility of using betulin instead of silver was shown. An improved technology for obtaining it is proposed.

Keywords: silver, water, filter, properties, betulin, microorganism, experiment, concentration, sorbent, technology.

Здоровье людей во многом определяется, качеством потребляемой воды [1]. В следствие этого вопросы очистки воды от примесей являются одними из актуальных задач. На основе углеродных сорбентов разработаны и нашли широкое применение малогабаритные индивидуальные и магистральные фильтры, обеспечивающие очищение питьевой воды, с показателями загрязнений ниже предельно допустимых концентраций. Введение технологии серебрения графита позволяет предотвратить размножение микроорганизмов в толще самого фильтра. Серебро давно применяется как бактериостатический препарат при длительном хранении питьевой воды. Серебро,

представляет собой вид тяжелых металлов, имеющий класс опасности «2», т.е. «высоко опасное вещество». Оно медленно выводится из организма. При длительном потреблении такой воды происходит его накопление в организме, что может привести к отравлению [2, 3].

Поэтому возникает задача замены серебра при изготовлении фильтров другим менее опасным веществом.

Известно, что растительный стероид бетулин (рис. 1) помимо биологически-активного влияния на здоровье человека, также обладает биоцидными свойствами. Он способен ингибировать развитие микробактерий туберкулеза, проявляет высокую эффективность при подавлении роста клеток меланомы, оказывает противовоспалительное, противомикробное, противовирусное, противогрибковое, противоопухолевое, противораковое действия, является возобновляемым растительным сырьем [4]. К тому же серебро не дешево стоит, а использованные с ним фильтры выбрасываются в отходы и оно навсегда выходит из обращения.

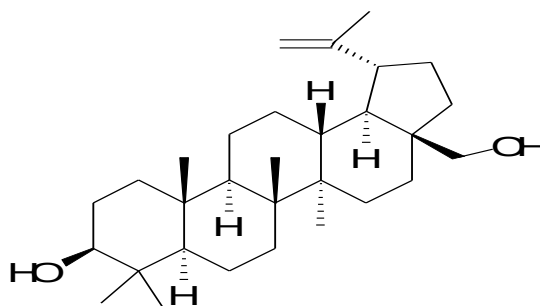


Рис. 1. Состав бетулина

В природе бетулин может входить в качестве одной из составляющих в бересту (рис. 2).

В настоящее время основной способ получения бетулина-сырца – экстракция берёзовой коры толуолом и отгонка растворителя из полученного экстракта. Процесс требует существенных энергетических затрат (теплоноситель – греющий пар) и громоздкого аппаратного оформления. Кроме того, полученный продукт содержит до 3% толуола и требует дополнительной очистки перед применением в разных отраслях промышленности. Ещё одна особенность существующих производств – большие транспортные расходы, связанные с необходимостью доставки сырья с мест заготовки и переработки древесины [5].

В ходе работы был проведен подробный анализ продуктов, выделяющихся из бересты в процессе экстракции. Установлено, что помимо бетулина, в сухом экстракте содержится ряд веществ, обладающих ценными свойствами. Так, ситостерин и цитростадиенол являются профилактическими веществами, предотвращающими развития ряда опасных заболеваний (болезнь Альцгеймера, прогения, онкологические и эндокринные заболевания), смесь ненасыщенный жирных кислот, известная как витамин F – ценный косметологический компонент [6, 7].

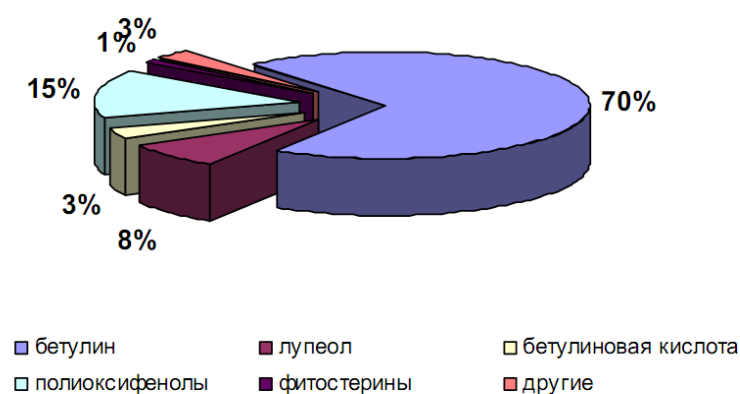


Рис.2. Состав бересты

Предлагаемая технология предполагает использование в качестве экстрагента легколетучих органических растворителей – низших галогеналканов, способных (по данным проведённых лабораторных исследований) экстрагировать бетулин не хуже толуола. Предусмотренная в технологической схеме вместо теплообменника-нагревателя распылительная вакуум-сушилка позволяет вовсе отказаться от применения нагрева и испарять растворитель путём понижения давления. Вследствие высокой летучести, растворитель не накапливается в продукте и дальнейшее использование бетулина-сырца становится возможным без дополнительной очистки. Снижение количества аппаратов в технологической цепочке и отсутствие потребности в греющем паре позволяет монтировать установку в стандартном фургоне-контейнере и перевозить её непосредственно к источнику сырья, снижая текущие расходы.

Бетулин, в отличие от серебра имеет большое количество достоинств, хорошо представленных в [8, 9].

Антимикробное действие препарата бетулин исследовали методом разведения в питательном агаре. В эксперименте использовали 18-часовые агаровые культуры микроорганизмов *Escherichia coli*.

Микробиологические свойства бетулина оценивали по результатам определения бактерицидного действия бетулина и в его комбинации с углеродными сорбентами.

Результаты экспериментов приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Влияние бетулина на развитие микроорганизмов

Микроорганизмы	Количество кл. в 1мл	Ошибка Пуассона	Доверительный интервал
<i>P.aeruginosa</i>	$2,5 \cdot 10^8$	$1,6 \cdot 10^7$	$2,2 \cdot 10^8$
<i>S.aureus</i>	$4,6 \cdot 10^8$	$2,1 \cdot 10^7$	$3,4 \cdot 10^6$
<i>E.coli</i>	$3,6 \cdot 10^7$	$1,9 \cdot 10^6$	$1,3 \cdot 10^6$
<i>B.cereus</i>	$2,3 \cdot 10^7$	$1,5 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^6$

Таблица 2 – Влияние бетулина и сорбента, нанесенного на углеродный сорбент на развитие микроорганизмов

Микроорганизмы	Количество кл. в 1 мл	Ошибка Пуассона	Доверительный интервал
<i>P.aeruginosa</i>	$1,6 \cdot 10^7$	$1,2 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^6$
<i>S.aureus</i>	$1,1 \cdot 10^8$	$1,1 \cdot 10^7$	$3,1 \cdot 10^6$
<i>E.coli</i>	0	0	0
<i>B.cereus</i>	0	0	0

Таблица 3 – Концентрация колоний *Escherichia coli* ($C \cdot 10^3$ КОЕ/мл)

Время выдержки (навеска)	Контроль	Углерод (графит)	Ag	Бетулин 1%	Исходный бетулин
3ч (0,5 гр)	(17,61±0,32)	(17,48±0,72)	(1,81±0,24)	(1,58±0,16)	(4,8±0,21)
5ч (0,5 гр)	(16,28±0,51)	(16,08±0,53)	(1,04±0,24)	(1,03±0,20)	-
3ч (0,4 гр)	(20,4±0,51)	(20,35±0,49)	(2,5±0,20)	(2,4±0,16)	-
3ч (0,3 гр)	(20,81±0,6)	(20,78±0,70)	(3,35±0,20)	(3,29±0,20)	-

Исследования показали, что бетулин (табл. 1) обеспечил снижение количества тестируемых микроорганизмов. При совместном его действии и сорбента (табл. 2) происходило увеличение антимикробного действия - отсутствовал рост *E.coli*, *B.cereus*; наблюдалось уменьшение количества *S.aureus* и *P.aeruginosa*.

Максимальная бактерицидная активность осуществляется при совместном применении бетулина и углеродного сорбента. Благодаря этому неожиданному эффекту бетулин можно рекомендовать в качестве антимикробного покрытия при изготовлении углеродных фильтров. Сорбент можно использовать индивидуально при содержании бетулина 1÷5%, а также в сочетании с серебром, при его дополнительном уменьшенном содержании на поверхности сорбента от 0,1 до 1%.

Было изучено влияние концентрации колоний ($C \cdot 10^3$ КОЕ/мл) *Escherichia coli* в зависимости от природы, концентрации сорбента и времени проведения испытаний. Результаты испытаний представлены в табл. 3 и на рис. 3– 6.

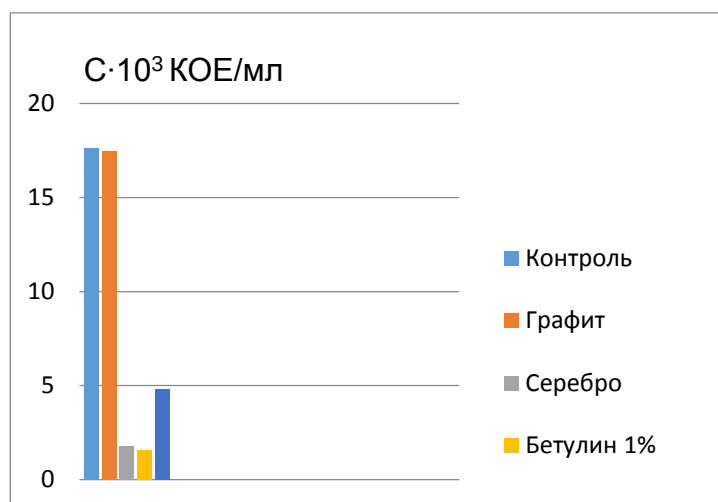


Рис. 3. Концентрация колоний *Escherichia coli* от времени выдержки и величины навески (3ч, 0,5 гр)

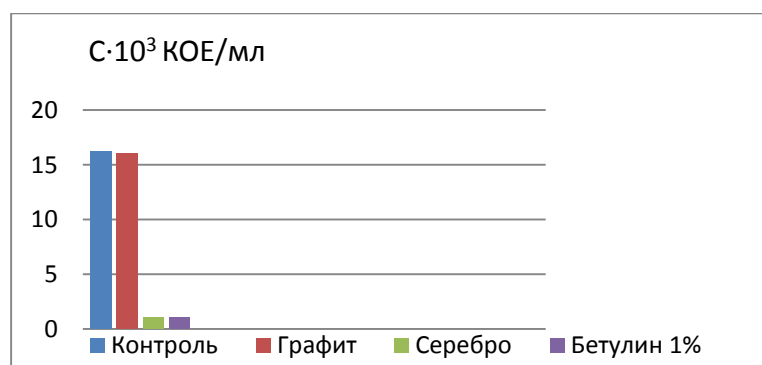


Рис. 4. Концентрация колоний *Escherichia coli* от времени выдержки и величины навески (5ч, 0,5 гр)

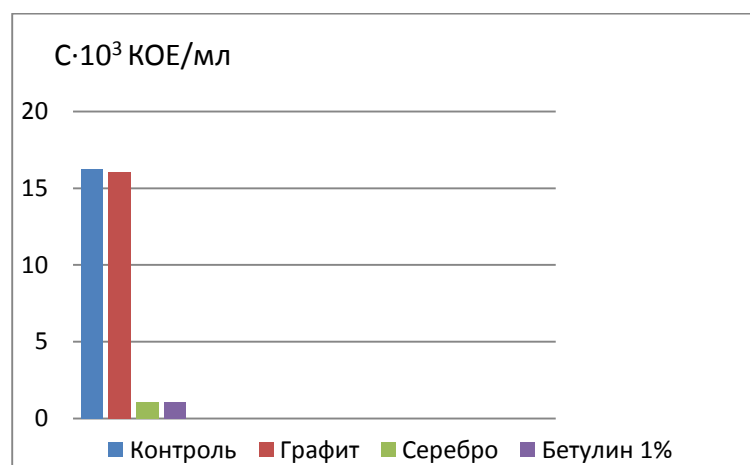


Рис. 5. Концентрация колоний *Escherichia coli* от времени выдержки и величины навески (3ч, 0,4 гр)

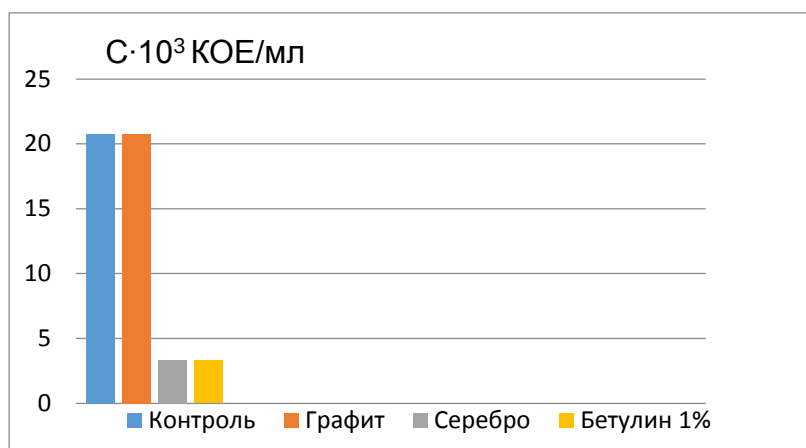


Рис. 6. Концентрация колоний *Escherichia coli* от времени выдержки и величины навески (3ч, 0,3 гр)

В результате проведенных экспериментов следует, что на основе активного угля (вспененного графита) и бетулина можно получить состав для изготовления фильтров по доочистке питьевой воды.

Применение бетулина при нанесении на вспененный графит повышает его способность подавлять размножение *Escherichia coli*.

При концентрации 0,5÷1% бетулина на поверхности сорбента обеспечиваются биоцидные свойства фильтра в процессе эксплуатации.

Снижение стоимости фильтров для доочистки воды можно сделать за счет использования природного (из коры березы), нетоксичного, более дешевого, чем серебро, биоцидного возобновляемого растительного сырья - бетулина.

Таким образом, бетулин можно рекомендовать для фильтров доочистки воды, как возобновляемое и более дешевое сырье.

Библиография

1. Савельев Д.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Экологическая обстановка в мегаполисах и ее влияние на уровень здоровья молодых людей // Периодический теоретический и научно-практический журнал. Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Том 23, № 3 – 2018. с. 61-64.
2. Пименова М.А., Скрипник И.Л., Воронин С.В. О необходимости учета показателей пожарной опасности отходов при назначении их класса опасности // Сборник статей по материалам IX Всероссийской научно-практической конференции “Сервис безопасности в России: Опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение комплексной жизнедеятельности населения” 27 сентября 2017 года. – Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, с. 296-299.
3. М.А. Пименова, И.Л. Скрипник, С.В. Воронин. Учет показателей пожарной опасности при назначении их класса опасности // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 19 апреля 2018 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская

- пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – с. 361-365.
4. Скрипник И.Л. Взаимосвязь загрязнения городов вредными веществами с уровнем здоровья молодежи и направления по их снижению // Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции “Сервис безопасности в России: Опыт, проблемы, перспективы. Формирование культуры безопасности жизнедеятельности: приоритеты, проблемы, решения” 26 сентября 2018 года. – СПб.: ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2018. - С. 299-304.
 5. Воронин С.В., Скрипник И.Л., Каверзнева Т.Т. Подходы к определению новой стоимости образца пожарной техники // Научно-аналитический журнал. «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России». № 2 (2018) – 2018, с. 128-134.
 6. Скрипник И.Л. Медицинские аспекты взаимосвязи загрязнения в городской среде вредными веществами с уровнем здоровья населения // Сборник статей по материалам XV Международной научно-практической конференции “Комплексные проблемы техносферной безопасности. Задачи, технологии и решения комплексной безопасности”, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. Ч.1, с. 230-234.
 7. Скрипник И.Л. Взаимосвязь загрязнения городов вредными веществами с уровнем здоровья молодежи и направления по их снижению // Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции “Сервис безопасности в России: Опыт, проблемы, перспективы. Формирование культуры безопасности жизнедеятельности: приоритеты, проблемы, решения” 26 сентября 2018 года. – СПб.: ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2018. - С. 299-304.
 8. Скрипник И. Л., Парсакова Г.И., Балабанов В.А. Предотвращение размножения микроорганизмов с помощью бетулина в толще фильтра очистки питьевой воды // Сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности “Пожарная и аварийная безопасность”, Иваново, 29-30 ноября 2018 г. Часть II – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, с. 389-392.
 9. Воронин С.В., Скрипник И.Л. Предотвращение размножение микроорганизмов в толще фильтра для очистки питьевой воды при использовании бетулина // Сборник статей по материалам XV Международной научно-практической конференции “Комплексные проблемы техносферной безопасности. Задачи, технологии и решения комплексной безопасности”, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. Ч.2, с. 134-137.

УДК 543.27

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО МЕТОДА ГАЗОВОГО АНАЛИЗА

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. Статья посвящена основным направлениям развития электрохимических методов анализа газов. Описаны достоинства и недостатки методов, проведен литературный анализ возможных путей решения возникающих практических трудностей. Освещен современный уровень развития газоаналитического оборудования с амперометрическим принципом действия.

Ключевые слова: электрохимический метод, газовый анализ, амперометрия, окислительно-восстановительные реакции, электроды, электролиты, мембрана.

MAIN TRENDS IN ELECTROCHEMICAL GAS SENSING DEVELOPMENT

Zaitseva V.V., Mikhailenko V.S.

Abstract. The article is devoted to main trends and goals of electrochemical methods as applied to gas analysis. The advantages and disadvantages of amperometric method are described, a literary analysis of possible solutions to emerging practical difficulties is carried out. The current level of development of analytical amperometric equipment for gas detection is highlighted.

Keywords: electrochemical method, gas analysis, amperometry, Red-Ox reactions, electrodes, electrolytes, membrane

Обнаружение газов играет важную роль во многих областях, начиная от обеспечения безопасности пищевых продуктов и кончая мониторингом окружающей среды. Количественное определение газов основано на различных физических и химических принципах. Детектирование можно осуществлять с помощью спектрометрических, люминесцентных, электрохимических и других методов. По сравнению с фотоионизационными, инфракрасными, флуоресцентными, каталитическими газовыми датчиками, детекторами на основе полупроводниковых оксидов металлов, электрохимические сенсоры обладают рядом преимуществ, как то: высокая чувствительность, низкое энергопотребление, себестоимость и чувствительность к механическим повреждениям, компактность, а также линейность зависимости выходного сигнала от концентрации аналита. К недостаткам можно отнести ограниченный срок эксплуатации и хранения, необходимость знания точного состава измеряемой атмосферы из-за кросс-чувствительности [1].

Создание электрохимических газовых сенсоров явилось результатом развития электрохимии и связано с работами Нернста, Фарадея и Гейровского, а также

пониманием процессов массопереноса и электрохимических реакций, описанных Фиком, Коттреллом, Батлером, Фольмером и Левичем [2].

Проводимость привлекла интерес еще в 18 веке, когда Андреас Баумгартнер заметил, что соленая и минеральная вода (Bad Gastein, Австрия) проводит электрический ток [3, 4]. Именно 1776 год можно считать началом использования проводимости для определения чистоты воды, подход, который применяется и сегодня для проверки эффективности системы очистки [5]. Химическим аспектом этого явления пренебрегали в течение длительного времени. Такое положение дел сохранялось до формулировки Майклом Фарадеем фундаментальных законов электричества, заложивших основы современной гальваники. Однако, и по сей день многие химические аспекты окислительно-восстановительных (Red-Ox) процессов остаются неясными [6].

В 1860-ых Фридрих Кольрауш продолжил работы в области кондуктометрии, подвергнув воду, кислоты и другие растворы действию переменного тока. Примерно в это же время Уиллис Уитни, изучавший взаимодействие серной кислоты с комплексами сульфата хрома, определил точку эквивалентности кондуктометрического титрования [3]. Результатом стало появление потенциометрического титрования и первого прибора для объемного анализа, созданного Робертом Берендом в 1883 году для титрования хлоридов и бромидов HgNO_3 . Эти исследования позволили определить растворимость солей, концентрацию протонов, а также заложили основы кислотно-основного и Red-Ox титрования. Дальнейшее развитие кондуктометрии связано с разработкой стеклянного электрода (1909 г.) [3, 4].

В 1971 году Брукштейн и Гадде предложили масс-спектрометрию в качестве действенного инструмента для электрохимического детектирования газов. Дифференциальная электрохимическая масс-спектрометрия – усовершенствованный метод, позволивший определять токи, соответствующие ионам разной массы и пропорциональные электродному фарадеевскому току [6].

В электрохимических методах измеряют параметры системы, состоящей из жидкого или твердого электролита, электродов и определяемого компонента газовой смеси или продуктов его реакции с электролитом. Изменения параметров являются результатом окислительно-восстановительных реакций, происходящих на поверхности электродов. Выделяют три основных электрохимических метода: потенциометрию, амперометрию и кулонометрию. Потенциометрический метод основан на зависимости потенциала индикаторного электрода от концентрации иона, полученного при растворении определяемого компонента в растворе электролита; амперометрический – на зависимости между током и количеством определяемого компонента, прореагировавшего на индикаторном электроде; кондуктометрический – на измерении электропроводности растворов при поглощении ими определяемого компонента газовой смеси. Примерами газов, детектируемых с помощью электрохимических методов, являются O_2 , CO , NO , NO_2 , SO_2 , H_2S , H_2 , Cl_2 , NH_3 , O_3 , пары органических соединений. Диапазон определяемых концентраций находится в пределах от 1×10^{-6} до $1 \times 10^{-4} \%$ [7].

В потенциометрических детекторах контролируется потенциал разомкнутой цепи (в отсутствие тока) между рабочим электродом и противозлектродом, который обычно пропорционален логарифму концентрации аналита. По принципу действия

потенциометрический датчик является термодинамическим, то есть, предполагается, что все процессы, связанные с детектированием, являются равновесными (химические и диффузионные) [8]. Количественно взаимосвязь измеряемого потенциала с концентрацией описывает уравнение Нернста (1) при условии, что все реакции записаны в сторону восстановления [1]:

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln a \quad (1)$$

где E^0 – стандартный электродный потенциал данного процесса – потенциал данного электродного процесса при концентрациях (точнее, активностях) всех участвующих в нем веществ, R – газовая постоянная, T – температура в Кельвинах, n – число электронов, участвующих в реакции восстановления, F – число Фарадея, a – активность измеряемой частицы при концентрациях ниже 10^{-3} моль/дм³ (при низких концентрациях может быть заменена на концентрацию C). Для стандартной температуры (25°C или 298°K) при подстановке величин R и F выражение (1) принимает вид:

$$E = E^0 + \frac{0.059}{n} \log C \quad (2)$$

В амперометрии ток, генерируемый в результате реакции аналита на электроде, является сигналом датчика и может быть измерен при фиксированном или переменном потенциале электрода (первый вариант более распространен). Скорость реакции определяется при термодинамически определенном потенциале для любой данной реакции и в диффузионно-контролируемых условиях пропорциональна концентрации аналита. Количественное соотношение между величиной тока и концентрацией описывается законом Фарадея (уравнение 3) [1]. Зависимость между током и концентрацией линейная, как правило, в диапазоне более 3 порядков, а в условиях постоянного потенциала возможны измерения с высокой точностью при высокой чувствительности (на уровне ppm и ppb). Подразумевается, что сигнал амперометрического датчика будет уменьшаться с размером электрода и скоростью реакции аналита на поверхности электрода, в то время как для потенциометрического датчика термодинамический потенциал не зависит от размеров электрода.

$$I = n \cdot F \cdot k \cdot A \cdot C \cdot \exp(\alpha \cdot n \cdot F \cdot E / RT) \quad (3)$$

где k – стандартная константа скорости, F – постоянная Фарадея, R – газовая постоянная, T – температура, A – площадь электрода, C – концентрация, n – число электронов на реагирующую молекулу, α и E – коэффициент переноса и перенапряжение электродной реакции, соответственно.

Применение амперометрии к газофазным анализам приводит к появлению границы раздела газ/жидкость/твердое тело (аналит/электролит/электрод) и процессу межфазного переноса, который часто контролирует характеристики отклика и аналитические показатели датчиков [8].

Когда скорость диффузии реагента к поверхности электрода меньше скорости электрохимической реакции, выражение для тока в соответствии с законом Фика принимает вид (уравнение 4) [1]:

$$I = k[C]_{\text{газ}} \quad (4)$$

Кондуктометрия измеряет электрическую проводимость для мониторинга хода химической реакции.

Большинство газовых датчиков являются амперометрическими. Как отмечалось выше, концентрация определяется по величине тока, возникающего в результате электролиза (окисления или восстановления) целевого газа на рабочем электроде. В основе подавляющего числа амперометрических детекторов лежит конструкция «кислородного электрода Кларка» [9]. Последний был изобретен в 1953 году профессором Лиландом Кларком для измерения «напряжения» кислорода в крови. Изначально он включал источник питания, платиновый катод, KCl /каломельный анод (впоследствии замененный серебряной проволокой) и целлофановую мембрану. Измеренная величина тока была пропорциональна концентрации кислорода. Линейная зависимость силы тока от концентрации растворенного кислорода впервые обнаружена Генрихом Л. Данниэлем еще в XIX веке [1]. Кларк оптимизировал условия проведения эксперимента в отношении температуры, величины напряжения, материала мембраны. Наличие мембранного барьера в конструкции электрода Кларка обеспечивает следующие преимущества: механическое устранение влияния эритроцитов на результаты измерений, увеличение селективности, создание диффузионного слоя, снижающего вероятность деградации каталитической активности электрода [8].

Общей чертой амперометрических детекторов является наличие, как минимум, двух электродов и газоселективной мембраны. Ток возникает только при воздействии газа/пара, содержащего электроактивный аналит, диффундирующего в электрохимическую ячейку к поверхности рабочего электрода, где газ участвует в электрохимической реакции, «поглощая или потребляя» электроны [8].

Ценность газового детектора определяется четырьмя параметрами: сроком службы, временем отклика, чувствительностью и селективностью. Средний срок службы электрохимического датчика составляет от 9 до 36 месяцев в стандартных условиях ($\sim 25^\circ\text{C}$, относительная влажность 60 %, колебание давления в пределах 20 % от стандартного атмосферного), при этом ресурс расходования не зависит от использования. Время отклика существенно растет при наличии мембраны, поскольку лимитирующей стадией процесса становится диффузия газа через мембрану. Зачастую время отклика превышает 10 с, что делает такие датчики неподходящими для проведения измерений в режиме реального времени [1].

Чувствительность определяется материалом электрода, однако, присутствие в системе газов, отличных от определяемого, может привести к ошибкам измерений. Например, при детектировании O_2 мешающими являются CO_2 , Cl_2 , Br_2 , ClO_2 , O_3 [1].

Селективность контролируется выбором материала электрода (за счет облегчения или катализа определенных реакций) или контролем потенциала индикаторного электрода, значение которого термодинамически благоприятствует реакции окисления

или восстановления конкретного аналита. Благородные металлы (*Au*, *Pt*) в виде пористых обладающих высокоразвитой поверхностью материалов используются в конструкции индикаторных электродов благодаря химической стабильности в растворах электролитов и высокой электрокаталитической активности в отношении таких распространенных аналитов, как *CO*, *H₂S*, *O₂*, *Cl₂*, *NO*. Приложенный между рабочим и противоэлектродом потенциал задает потенциал реакции на рабочем электроде и является критическим как для чувствительности, так и селективности датчика. Выбор величины потенциала обеспечивает эффективный способ изменения или оптимизации производительности датчика [8].

Мембрана выполняет несколько функций: контролирует подачу аналита к поверхности электрода, влияет на селективность, избирательно «пропуская» только молекулы определяемого газа, препятствует утечке электролита. Чаще всего их изготавливают из полимерных или неорганических материалов. В идеале мембрана будет иметь постоянную проницаемость для целевого аналита в широком диапазоне температур и обладать механической, химической стабильностью и стабильностью к изменяющимся условиям окружающей среды [8].

Многие современные сенсоры оснащены пористой поли(тетрафторэтиленовой) мембраной (ПТФЭ). Благодаря гидрофобности поры (типичный размер 10 мкм) не смачиваются водным раствором, но не препятствуют транспортировке растворенных газов к электроду [10]. Поскольку скорость массопереноса мала по сравнению со скоростью электрохимической реакции, ток контролируется диффузией, а не кинетикой электродной реакции. Это обеспечивает линейную зависимость величины тока от концентрации аналита [8].

Роль электролита заключается в переносе заряда внутри ячейки, растворении реагентов и продуктов реакции для эффективного массопереноса, эффективного контакта всех электродов. Требования, предъявляемые к электролиту:

- соответствие реакциям, осуществляющимся на электродах;
- поддержание стабильного потенциала электрода сравнения;
- совместимость с конструктивными материалами;
- стабильность в течение длительного времени в различных условиях эксплуатации.

Наиболее часто в качестве электролитов используются: водные электролиты (серная кислота, *NaOH*, *KCl*), неводные электролиты (органический растворитель с поддерживающим электролитом: пропиленкарбонат, н-бутиролактон или сульфолан с перхлоратом щелочного металла), твердые электролиты (полимер *Nafion*, *ZrO₂* или *YSZ* – стабилизированный иттрием цирконий, β-глинозем и *NASICON*).

Все перечисленные неводные растворители имеют высокую температуру кипения (>200°C) и обладают высоким анодным пределом в отношении *Pt*-электрода. Главным недостатком таких электролитов является взрывоопасность перхлоратов в органических растворителях при высоких температурах или высыхании. На основе неводных электролитов созданы сенсоры для определения *Cl₂*, *CO*, *NO_x*, *SO₂*, *H₂S*, *CH₄*, *N₂H₄*, *CO₂* [8].

Первый описанный твердый электролит представлял собой перфторированный сернокислый полимер, который, при насыщении водой, становился отличным ионным проводником. Nafion – типичный твердый полимерный электролит – гидратированный сополимер поли(тетрафторэтилена) (ПТФЭ) и полисульфонилфторвинилового эфира с боковыми сульфоновыми группами, катионообменная мембрана. Nafion обладает хорошей протонной проводимостью, высокой газопроницаемостью, термостойкостью, химической и структурной стабильностью. В амперометрических датчиках Nafion выполняет функцию не только электролита, но и подложки для электрода. Ионная проводимость обеспечивается подвижностью протонов, которые перемещаются в полимерном слое между сернокислыми группами. Этот электролит использован при детектировании таких газов, как CO , CO_2 , NH_3 , NO_x , H_2 , H_2S , SO_2 , O_2 , O_3 , паров спирта. Единственным ограничением при работе в полевых условиях является проблема замерзания воды в Nafion [8].

Керамические твердые электролиты позволяют обнаруживать различные газы в жестких условиях. Примерами подобных электролитов являются NASICON, кубический стабилизированный оксид циркония с поликристаллами тетрагонального оксида циркония, электролиты на основе редкоземельных элементов [8].

Полимерные электролиты и гидрогели предотвращают утечку электролита за счет испарения, что особенно важно в случае микросенсоров, где используется очень небольшое количество электролита. Твердые электролиты (полимеры и высокотемпературные ионные материалы) позволили создать твердотельные сенсорные устройства, что полностью устраняет возможность утечки и испарения электролита. Для обеспечения достаточной ионной проводимости требуется повышение рабочей температуры, которое может стать преимуществом при работе в жестких условиях, например, для мониторинга выхлопных и дымовых газов [8].

Альтернативой обычным растворителям могут быть ионные жидкости, представляющие комбинацию объемного асимметрического органического катиона и небольшого неорганического аниона. Разница в размерах ионов приводит к плохой координации, поэтому при комнатной температуре они представляют собой жидкости, а не твердые вещества, такие как $NaCl$. В отношении использования ионных жидкостей для электрохимического газового анализа особенно важны такие их свойства, как собственная проводимость, низкая летучесть, высокая термостойкость, вариативность катионных и анионных центров. Преимуществами использования ионных жидкостей по сравнению с обычными растворителями являются:

большие электрохимические окна, то есть расширение диапазона определяемых газов;

возможность создания безмембранных электродов за счет низкой летучести, что устраняет лимитирующую стадию диффузии газа через мембрану, и, следовательно, сокращает время отклика;

возможность работы детектора в экстремальных условиях по температуре и давлению, что продлевает срок службы и устраняет необходимость калибровки;

отсутствие необходимости введения поддерживающих электролитов, подбор ионов позволяет направленно менять физические и химические свойства ионных жидкостей;

вариативность ионных жидкостей позволяет настраивать окислительно-восстановительный потенциал внутреннего эталона в зависимости от определяемого газа.

К недостаткам ионных жидкостей следует отнести низкую проводимость за счет малой подвижности крупных ионов и высокой вязкости, поэтому их часто используют в сочетании с микроэлектродами (электрод, обладающий, по меньшей мере, одним микроскопическим размером от 10 до 100 мкм). При использовании микроэлектродов возрастает скорость массопереноса, улучшается соотношение сигнал/шум, снижается не скомпенсированное сопротивление. На практике часто используется массив параллельных микроэлектродов, что не только усиливает сигнал, но и обеспечивает защиту при отказе нескольких отдельных электродов [1].

Электродная реакция включает несколько стадий: адсорбцию аналита на поверхности электрода, электрохимическую реакцию и десорбцию продуктов с поверхности электрода. Поэтому выбор материала электрода диктуют его электрохимические и каталитические свойства, а также стабильность и технологичность. Наиболее распространенными материалами для изготовления рабочих электродов и противоэлектродов являются благородные металлы (возможность получения материала с высокоразвитой поверхностью, стабильность к коррозии, высокая каталитическая активность), углеродные материалы (графит и стеклоуглерод особенно популярны при определении биоаналитов). Измерения при фиксированном потенциале требуют наличия в системе электрода сравнения, который должен формировать стабильный потенциал с данным электролитом, быть стабильным к колебаниям температуры, давления, влажности и загрязнителям или мешающим реагентам сенсорной системы, поддерживать постоянный электрохимический потенциал рабочего электрода. Чаще всего электродом сравнения служит хлорсеребряный или Pt-воздушный электрод [8].

Для данного материала рабочего электрода чувствительность гальванической ячейки зависит от площади поверхности, на которой происходит электрохимическая реакция, то есть трехфазной границы раздела газ/электрод/электролит. Улучшение чувствительности датчика от ppm до ppb можно реализовать с помощью нанокompозитных материалов (нанотрубок, композитов на основе $Gd_{0.7}Ca_{0.3}CoO_{3-\delta}$ и $Ce_{0.8}Gd_{0.2}O_{1.9}$ и др.) или гравировки мембраны электродов [8].

Разработки по внедрению микросенсоров в аналитическую химию начались в 1980-ых годах. В последние годы мембранные и безмембранные микроэлектроды на основе золота применяются для обнаружения O_2 , CO_2 , N_2O одновременно в широком диапазоне концентраций. Не так давно сообщалось об использовании наноразмерных электродов на основе углеродных нанотрубок, нанотрубок с металлическими кластерами, трубками, покрытыми полимерами, металлами, Nafion, многие из которых выполнены на чипах. Они характеризуются малым размером, низкой стоимостью, низким энергопотреблением, высоким значением соотношения сигнал/шум и низким пределом обнаружения. С помощью таких датчиков определялись NO_2 , HCN , HCl , Cl_2 ,

ацетон, C_6H_6 в концентрациях на уровне ppm в сухом воздухе (в некоторых случаях до ppb). Определение этих газов представляет интерес в оборонных целях, экологическом мониторинге производственных процессов [8].

Большим достижением в эволюции современных амперометрических сенсоров стало создание газодиффузионного электрода в 1965 г. [11]. Современный газодиффузионный аналог – «полугидрофобный» открытый пористый электрод из тонкодисперсного металлического катализатора, не допускает полное проникновение электролита. Они изготавливаются путем смешения тefлоновой эмульсии с катализатором, порошком благородного металла с большой площадью поверхности, с последующим нанесением суспензии на металлическую проволочную сетку или на поверхность гидрофобной пористой тefлоновой пленки. Таким образом, газодиффузионный электрод обладает высокоразвитой поверхностью, обеспечивая эффективное проникновение газа, имеет металлический катализатор, являющийся хорошим проводником, и обеспечивает достаточную ионную проводимость. Эти электроды не подвержены действию испарения воды, находясь в непосредственном контакте со всем объемом электролита. Большая скорость массопереноса и развитая поверхность снижают время отклика и делают возможным детектирование частиц с низкой электроактивностью, что особенно ценно в случае медленных реакций [8].

Помимо усовершенствований конструкции и материалов сенсора, разработчиками учитывалось влияние внешних факторов на результаты определений. Так, ток, генерированный в процессе электрохимической реакции, зависит не только от концентрации определяемого газа, но также является функцией количества электронов, участвующих в реакции, и коэффициента диффузии. Изменение последних наблюдается при колебаниях температуры и влажности. Одним из вариантов решения проблемы является хроноамперометрия.

Другой подход заключается в проведении детектирования при термостатировании и предварительной осушке газов, однако это возможно только в условиях лаборатории.

Обычный электрохимический сенсор может быть дополнен прибором для мониторинга изменений условий детектирования для корректировки измерений. Не так давно предложено устройство, способное измерять температуру непосредственно на поверхности электрода, на основе которого разработан детектор одновременного определения температуры и влажности.

В последнее время получили распространение интеллектуальные газовые датчики, которые, помимо точных измерений концентрации газа, способны выполнять самокалибровку в зависимости от колебаний температуры и влажности [1].

На сегодняшний день электрохимические газовые датчики способны детектировать практически любой интересующий газ, они широко используются как стационарные и портативные устройства мониторинга по всему миру.

Электрохимические газовые детекторы производятся такими зарубежными компаниями как Honeywell, Draeger, Alphasense, BW Technologies, OLDHAM, Testo, Casella, Geotech, Industrial Scientific, Ion Science Ltd, Maus International, MSA, Castle Group Ltd, Net Safety и состоят из электрохимической ячейки (включающей электроды,

мембрану, механические разделители электродов), кейса для считывания показаний и регистратора данных. Срок службы датчиков обычно составляет около 2 лет и ограничен разрушением мембраны и/или потерей растворителя. Ведущие российские производители – ФГУП «СПО «Аналитприбор», АО «ОПТЭК» и АО «Фирма «Анагаз».

Библиография

1. Xiong, L.; Compton, R.G. Amperometric Gas detection: A Review // *Int. J. Electrochem. Sci.* / 2014. – V. 9. – Pp. 7152 – 7181.
2. Bard, A. J.; Faulkner, L. R. *Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications*. 2nd ed. / John Wiley & Sons: New York, 2001. – P. 850.
3. Lubert, K.; Kalcher, K. History of Electroanalytical Methods // *Electroanalysis* / 2010. – V. 22. – Pp. 1937–1946.
4. Stock, T. A Short Course on the History of Analytical Chemistry and the Related Sciences // *Journal of Chemical Education* / 1977. – V. 54. – Pp. 635-637.
5. Braun, R.D. Chemical Analysis. *Encyclopædia Britannica*. *Encyclopædia Britannica Online* / *Encyclopædia Britannica Inc.*, 2015.
6. Hiden Analytical Ltd. The History of Gas Analysis in Electrochemistry [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <https://www.environmental-expert.com/articles/the-history-of-gas-analysis-in-electrochemistry-822561> (28.08.2019)
7. НПЦ Аналитех. Газовый анализ, принципы и методы измерений [Электронный ресурс] Режим доступа: свободный. URL: <http://www.analitech.ru/article1.html>
8. Stetter, J.R.; Li, J. Amperometric Gas Sensors – A Review // *Chemical Reviews* / 2008. – V. 108. – No. 2. – Pp. 352–366.
9. Clark Jr., L. C.; Wolk, R.; Granger, D.; Talor, Z. J. Continuous recording of blood oxygen tensions by polarography // *Appl. Physiol.* / 1953. – V. 6(3). – Pp. 189–193.
10. Knake, R.; Jacquinet, P.; Hodgson, A. W. E.; Houser, P. C. Amperometric sensing in the gas-phase // *Anal. Chim. Acta* / 2005. – V. 549(1-2). – P. 1–9.
11. Niedrach, L. W.; Alford, H. R. Novel fuel cell structure // *US Patent 3905832 Chem. Abstr.* / 1965. – V. 62. – P. 11416c.

УДК 628.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ОТХОДОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Фокичева Е.А. кандидат технических наук, доцент; **Воропай Л.М.** кандидат химических наук, доцент; **Тихановская Г.А.** кандидат биологических наук, доцент; ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет» (ВоГУ)

Аннотация. Целью статьи является исследование особенностей образования хелатов для определения возможности использования данного способа очистки сточных вод от аминокислотных остатков в производственных условиях. Задачей исследований является подбор оптимальных доз гидроксида натрия и температуры в целях удаления аминокислот. В результате исследований определены оптимальные технологические условия, при которых получают хелатные медные комплексы на основе аминокислот, имеющих разное строение, а также получена зависимость выхода комплексных соединений от строения аминокислот.

Ключевые слова: Сточные воды, очистка сточных вод, сульфат меди, гидроксид натрия, хелаты.

INCREASING EFFICIENCY OF WASTEWATER TREATMENT PROCESSES FROM WASTE ORGANIC ORIGIN

Fokicheva E.A., Voropai L.M., Tikhonovski G.A.

Abstract. The aim of the article is to study the characteristics of the formation of chelates to determine the possibility of using this method of wastewater treatment from amino acid residues in a production environment. The objective of the research is the selection of optimal doses of sodium hydroxide and temperature in order to remove amino acids. As a result of the studies, the optimal technological conditions were determined under which chelate copper complexes based on amino acids with different structures are obtained, and the dependence of the yield of complex compounds on the structure of amino acids is obtained

Keywords: Wastewater, wastewater treatment, copper sulfate, sodium hydroxide, chelates.

Известно, что в сточных водах предприятий мясоперерабатывающего комплекса содержится большое количество органических и неорганических примесей, которые относятся к разным классам соединений. Для их удаления используют разные технологии, включая физические, химические и биологические способы [1, 2].

В настоящее время уделяют большое внимание разработке новых малоотходных замкнутых технологий, которые обеспечивают комплексообразование органических примесей (белковых, углеродных, жировых) в хелатные соединения [3]. К таким технологиям относится комплексный способ очистки сточных вод от примесей с использованием металлов, содержащих акцепторные орбитали.

Например, известен способ удаления жировых фракций с помощью хлорида железа, где наряду с процессами коагуляции, происходит образование хелатных комплексов трехвалентного железа с остатками глицерина и жирных кислот, которые удаляют в виде отдельных фракций [4]. Однако данным способом удаляются только остатки жировых загрязнений.

Для удаления низкомолекулярных белковых фракций, содержащих аминокислотные остатки, на птицефабриках используют способ получения аминокислотных хелатов с соединениями двухвалентной меди. В качестве реагента используют кристаллогидрат сульфата меди, который вступает в реакцию комплексообразования с глицином с образованием хелатного комплекса [4]. Согласно технологии, к раствору глицина добавляют твердый гидроксид натрия и полученную смесь нагревают до температуры 60 градусов до получения гомогенной смеси.

Далее добавляется (при постоянном перемешивании смеси) кристаллогидрат сульфата меди и выдерживают при температуре 50⁰С в течение 20 минут. После быстрого охлаждения до температуры 7⁰С выпадает в осадок глицинат меди, который плохо растворим в воде и не растворяется в полярных органических растворителях. Полученный комплекс тщательно промывают водой для удаления остатков непрореагировавших веществ: сульфата меди и гидроксида натрия. Выход чистого комплекса составляет 9%.

Однако, данные по особенностям комплексообразования других аминокислот, имеющих разное химическое строение, а также по комплексообразованию сульфата меди с другими аминокислотными остатками, которые всегда присутствуют в сточных водах предприятий мясоперерабатывающего комплекса, отсутствуют.

В связи с этим, была поставлена цель: исследовать в лабораторных условиях особенности образования хелатов на основе других аминокислот и щелочного раствора сульфата меди, чтобы определить возможность использования данного способа очистки сточных вод от аминокислотных остатков в производственных условиях.

В качестве предмета исследования были выбраны разные аминокислоты, содержащие алифатические и ароматические радикалы – лейцин, лизин, тирозин и триптофан, чтобы экспериментальным путем определить особенности процессов хелатообразования в зависимости от химического состава аминокислот, что является, в свою очередь, объектом исследования.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- 1) экспериментальным путем определялись технологические условия комплексообразования разных аминокислот;
- 2) устанавливалась зависимость технологических условий от температуры, концентрации гидроксида натрия и особенностей строения радикалов в молекулах аминокислот;
- 3) получение модельных образцов комплексных соединений и исследование их токсичности.

При выполнении работы использовались: гравиметрической, фотоэлектроколориметрический, хроматографический методы анализа. Токсичность определяли с помощью биотестера «Биолат».

Выбранные для исследования аминокислоты имеют разный химический состав, что влияет на особенности комплексообразования. Лейцин содержит только алкильные радикалы кроме карбоксильной и амино-групп (4-метил-2-амино-пентановая кислота). В отличие от лейцина, лизин содержит две аминогруппы. В химический состав молекул тирозина входит ароматический радикал на основе бензольного кольца, в составе триптофана присутствует ароматическое кольцо, которое относится к гетероциклическим ароматическим соединениям. В зависимости от заместителей, присутствующих в аминокислотах, способность к комплексообразованию с катионами меди аминокислотных остатков, разная.

Чем больше основность аминокислот, которая, в свою очередь, зависит от способности атомов азота отдавать свою не поделенную электронную пару для образования координационной связи со свободными *d*-атомными орбиталями катионов меди, тем легче образуются более устойчивые комплексы катионов меди с аминокислотными остатками.

Для аминокислот, которые содержат только алкильные радикалы, кроме α – аминогруппы и карбоксильной группы, основность зависит от степени разветвленности углеводородного радикала и количества атомов углерода, участвующих в индукционном эффекте, направленном к атомам азота аминогрупп. Чем больше число боковых радикалов, тем выше основность и легче протекают процессы комплексообразования.

Если в состав аминокислот входят две аминогруппы, то склонность к комплексообразованию у α -аминогруппы уменьшается. Однако за счет аминогруппы при 6 атоме углерода в молекуле лизина отличие от глицината меди образуются двойные хелатные комплексы, которые являются более устойчивыми в сравнении с глицинатом меди.

При наличии в аминокислотах ароматических радикалов, которые за счет π -системы ароматического кольца способны участвовать в комплексообразовании, также усиливается склонность к образованию более устойчивых комплексов.

На первом этапе экспериментального исследования опытным путем подбираются технологические условия комплексообразования. Известно, что процесс комплексообразования органических соединений с переходными металлами зависит от характера среды.

Для предотвращения процессов разрушения комплексов в сильнощелочной среде экспериментальным путем подбирается количество твердого гидроксида натрия, чтобы исходная концентрация гидроксида натрия в реакционной смеси соответственно составляла 0,9 моль/литр; 0,45 моль/литр; 0,2 моль/литр; 0,1 моль/литр; 0,05 моль/литр; 0,01 моль/литр. После тщательного перемешивания смесь нагревают от 30 до 60°C и добавляют 0,1 моля кристаллогидрата сульфата меди. Далее доводят температуру смеси до 50°C, выдерживают при указанной температуре 20 минут, после чего быстро охлаждают до температуры 8-10°C. При этом образуется осадок, который плохо растворяется в воде и в полярных органических растворителях. После выделения осадка его сначала промывают в дистиллированной воде, а затем в абсолютном спирте и после высушивания определяют выход комплекса. Результаты эксперимента представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Зависимость выхода комплексов от концентрации гидроксида натрия, %

Аминокислоты	Концентрации гидроксида натрия, моль/л					
	0,9	0,45	0,2	0,1	0,05	0,01
лизин	23,8	41,9	52,5	59,9	66,8	64,5
лейцин	32,7	49,5	56,7	68,7	76,73	75,21
триптофан	39,2	51,2	69,87	75,36	83,12	77,13
тирозин	38,9	49,8	72,14	78,1	80,1	76,5

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что для всех аминокислот с уменьшением концентрации вводимого гидроксида натрия от 0,9 моль/литр до 0,05 моль/литр, выход комплексного соединения возрастает, причем максимальный выход характерен для аминокислот, содержащих ароматические радикалы, соответственно, для триптофана выход составляет 83,12 %, для тирозина выход составляет 80,1 %. Для лизина, в состав молекулы которого входят две аминокислотные группы, выход комплекса при концентрации гидроксида натрия 0,05 моль/литр составляет 76,73%, в то время как для лейцина выход составляет 66,8%.

При дальнейшем уменьшении концентрации гидроксида натрия наблюдается также уменьшение выхода комплексных соединений для всех аминокислот. Таким образом, экспериментальным путем установлена оптимальная концентрация гидроксида натрия, которая необходима для комплексообразования и составляет 0,05 моль/л исходной смеси. Получение данных также свидетельствует о зависимости выхода комплексных соединений от особенностей строения аминокислот.

Одновременно с определением оптимальной концентрации, подбирали экспериментальным путем температуру. Смесь обрабатывается при температурах 30°C, 40°C, 50°C и 60°C при концентрации гидроксида натрия 0,05 моль/литр. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Зависимость выхода комплексов от температуры, %

Аминокислоты	Температура, °C			
	30	40	50	60
лизин	38,27	51,12	66,8	60,13
лейцин	51,22	56,2	76,79	68,9
триптофан	49,99	67,11	80,1	66,12
тирозин	58,45	71,56	83,12	78,9

Полученные результаты доказывают, что выход продукта существенно зависит от температуры. Минимальный выход для всех комплексов характерен при температуре 30°C; максимальный – при 50°C. При дальнейшем повышении температуры наблюдается снижение выхода продукта за счет разрушения комплексов.

Определим токсичность полученного продукта. Согласно литературным данным, нетоксичным следует считать продукт, в водном растворе которого выживаемость инфузорий находится в диапазоне от 80 до 100%.

В результате анализа можно сделать вывод о том, что сам раствор сульфата меди с оптимальной установленной концентрацией без аминокислот относится к сильнотоксичным составам и выживаемость инфузорий составляет 28%. Все полученные комплексы после отмывки от остатков гидроксида натрия и сульфата меди не проявляют токсичность по отношению к инфузориям и выживаемости инфузорий в их растворах составляет от 92 до 96 %.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что все полученные образцы хелатов являются нетоксичными. Окончательный вывод о возможности их применения можно сделать только по результатам дальнейших исследований.

Таким образом, в результате исследований определены оптимальные технологические условия, при которых получают хелатные медные комплексы на основе аминокислот, имеющих разное строение, а также получена зависимость выхода комплексных соединений от строения аминокислот.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Полученные предварительные результаты свидетельствуют, что данный способ можно использовать на практике для получения хелатов.
2. Окончательное решение о внедрении их в технологический цикл требует дальнейшего исследования.

Библиография

1. Фокичева, Е.А. Дефосфотация высококонцентрированных сточных вод / Е.А. Фокичева // Водоснабжение и санитарная техника – 2009.- № 11 С. 56-61
2. Натынчик Т.М. Значение и уровни очистки сточных вод на мясоперерабатывающих предприятиях/Т.М. Натынчик, О.М.Левшук, Т.И. Засимович// Инновационные подходы к ветеринарной и зоотехнической науке и практике. – 2017 – с.518 - 524
3. Серпокровлов М.С. Особенности реагентной очистки сточных вод птицефабрик/ Н.С. Серпокровлов, Л.Г. Серпокровлова, И.А. Кулик// Науковедение.-2012,-№ 4 – С.35-39
4. Кадырова Р.Г. Синтез медных и цинковых солей метионина и глицина/ Р.Г. Кадырова, Г.Ф. Кабиров, Р.Р. Муллахметов

ИНФОРМАЦИЯ



*Международная академия наук экологии и
безопасности жизнедеятельности*
ассоциированный член Департамента Общественной
Информации и член Экономического и Социального Совета
ООН
(МАНЭБ)



*Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет им. С.М. Кирова*

ИНФОРМАЦИОННОЕ ПИСЬМО

Уважаемые коллеги!

**Приглашаем принять участие в работе
Международной научно-практической конференции,
посвященной 75-летию Организации Объединенных Наций под девизом
«Будущее, которого мы хотим»**

***Конференция состоится 22-23 сентября 2020 г.
в Санкт-Петербургском государственном лесотехническом университете
имени С.М. Кирова (СПбГЛТУ)***

Цель конференции – выработка адресных решений по проблемам безопасности деятельности человека и защите окружающей природной среды в свете стратегий:

- разработанных на Конференции ООН по устойчивому развитию «Рио-20» (Рио-де-Жанейро, 20-22- июня 2012 г.) и
- изложенных в Указе Президента от 7 мая 2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» (пункт 7 Указа).

Участники конференции: ведущие российские и зарубежные ученые и специалисты, преподаватели ВУЗов в области безопасности жизнедеятельности, охраны труда, промышленной и экологической безопасности, безопасности в чрезвычайных ситуациях, радиационной, химической и пожарной безопасности.

Форма участия: очная и заочная.

Организаторы конференции:

Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ), Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова (СПбГЛТУ), а также другие организации, изъявившие желание принять участие в организации конференции.

Организационный комитет конференции:

Председатель:

Русак Олег Николаевич - Президент МАНЭБ, доктор технических наук, профессор, rusak-maneb@mail.ru

Члены Организационного комитета:

Агошков Александр Иванович - вице-президент МАНЭБ, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный федеральный университет, Taneb95@mail.ru

Алборов Иван Давыдович - вице-президент МАНЭБ, доктор технических наук, профессор, Северо-Кавказский горнометаллургический институт (государственный технологический университет), ekoskgmi@rambler.ru

Петров Сергей Викторович – вице-президент МАНЭБ, кандидат юридических наук, профессор, Московский педагогический государственный университет, svpetrov47@mail.ru

Малаян Карпуш Рубенович – вице-президент МАНЭБ, кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, директор Регионального Центра безопасности труда, karlonem@mail.ru

Воробьев Дмитрий Вениаминович, вице-президент МАНЭБ, доктор медицинских наук, профессор, doctorav@mail.ru

Родин Геннадий Александрович – доктор технических наук, профессор, вице-президент МАНЭБ, garod53@mail.ru

Занько Наталья Георгиевна, вице-президент МАНЭБ, кандидат технических наук, доцент, nataliya_zanko@mail.ru

Цветкова Анастасия Дмитриевна, секретарь Президиума МАНЭБ, maneb-anastasia@mail.ru, tsvs@mail.ru

Ковязин Василий Федорович – доктор биологических наук, профессор, Санкт-Петербургский горный университет, vfkedr@mail.ru

Иванов Андрей Олегович – доктор медицинских наук, профессор, АО «НПО «Прибор», Санкт-Петербург, ivanoff65@mail.ru

Бардышев Олег Андреевич - доктор технических наук, профессор, Петербургский государственный университет путей сообщений, oab15@mail.ru

Малаян Карпуш Рубенович – вице-президент МАНЭБ, кандидат технических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, директор Регионального Центра безопасности труда, karlonem@mail.ru

Фаустов Сергей Андреевич - доктор медицинских наук, доцент, кафедра «Безопасность жизнедеятельности», Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, faustov-sa@mail.ru

Примерная тематика докладов и сообщений:

- техногенная безопасность и проблемы продолжительности жизни и естественного роста численности и населения России;
- современные технологии обеспечения экологической и промышленной безопасности;
- риск, как мера оценки безопасности;
- эффективное обращение с отходами производства и потребления;
- проблемы снижения уровня загрязнения атмосферного воздуха в промышленных центрах;
- повышение качества питьевой воды для населения, экологическое оздоровление водных объектов;
- сохранение биологического разнообразия природы России.

Публикации:

По итогам конференции будет издан сборник научных трудов, который будет включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Материалы конференции, оформленные в виде отдельных статей, будут опубликованы в журнале «Вестник МАНЭБ»

РЕДАКЦИОННАЯ ПОЛИТИКА ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК МАНЭБ»

«Вестник МАНЭБ» является теоретическим и научно – практическим журналом Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ).

Цель журнала заключается в содействии развитию инновационных, фундаментальных и прикладных исследований, продвижению их результатов в национальное и международное научное, образовательное и экономическое пространство; повышению качества подготовки специалистов в соответствии с российской государственной стратегией и мировыми тенденциями развития науки.

Формат публикуемых материалов:

- теоретические, научно-практические, научно-технические и учебно-методические статьи;
- аналитические обзоры научной и технической литературы;
- критические и дискуссионные статьи, аннотации и рецензии на новые монографии и учебные материалы;
- краткие сообщения о научных достижениях, имеющих цель закрепление приоритета результатов исследования;
- отклики на актуальные проблемы страны и мира;
- сообщения о работе секций, региональных отделений и проблемных советов МАНЭБ, научных и технических обществ, съездов, конгрессов, конференций, симпозиумов, семинаров и выставок;
- сообщения о юбилейных датах и юбилеях членов МАНЭБ, выдающихся ученых и специалистов в области безопасности;

Отдельные номера журнала могут представлять собой тематические сборники, содержащие статьи, подготовленные руководителями секций, региональных отделений и проблемных советов МАНЭБ, или организаторами конференций, семинаров, конгрессов.

Журнал проводит рецензирование и принимает к публикации научные материалы в виде статей, коротких сообщений, обзоров по следующим

- научным специальностям:
 - 03.02.08 - Экология (по отраслям)
 - 05.26.00 - Безопасность деятельности человека
 - 05.26.01 - Охрана труда (по отраслям)
 - 05.26.02 - Безопасность в чрезвычайных ситуациях (по отраслям)
 - 05.26.03 - Пожарная и промышленная безопасность
 - 25.00.36 - Геоэкология
- рубрикам Государственного рубрикатора научно-технической информации (ГРНТИ):
 - 810000 Общие и комплексные проблемы технических и прикладных наук и отраслей народного хозяйства
 - 860000 Охрана труда
 - 870000 Охрана окружающей среды. Экология человека
 - 760000 Медицина и здравоохранение

Основные разделы журнала:

- Экологическая безопасность
- Безопасность жизнедеятельности и охрана труда
- Промышленная безопасность
- Безопасность при чрезвычайных ситуациях
- Методы и средства обеспечения безопасности
- Здоровье населения
- Образование

Журнал выходит в печатном и электронном видах.

Статьи рецензируются.

Периодичность издания – 4 раза в год.

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.

Технический редактор **Н.Г. Занько**

Корректор **Н.Ю. Родина**

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 5.03.2020. Подписано в печать 20.03.2020

Печать цифровая. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс»

Формат обрезной 205х290. Усл.изд.л.-8,350. Усл.печ.л.-7,810

Заказ 33/14. Тираж 500 экз.

Цена договорная