



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

Редакционный совет:

АГОШКОВ А. И., д.т.н., проф.
 ГРАЧЕВ В. А., чл.-корр. РАН,
 д.т.н., проф.
 ДУРНЕВ Р. А., д.т.н., доц.
 ЗАЛИХАНОВ М. Ч., акад. РАН,
 д.г.н., к.б.н., проф. (председатель)
 КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.н.,
 проф.
 ПЛЮЩИКОВ В. Г., д.с.-х.н., проф.
 ПРОНИН И. С., д.ф.-м.н., проф.
 РОДИН В. Е., д.т.н., проф.
 ТЕТЕРИН И. М., д.т.н.
 УШАКОВ И. Б., акад. РАН,
 д.м.н., проф.
 ФЕДОРОВ М. П., акад. РАН,
 д.т.н., проф.
 ЧЕРЕШИНЕВ В. А., акад. РАН,
 д.м.н., проф.
 АНТОНОВ Б. И.
 (директор издательства)

Главный редактор

РУСАК О. Н., д.т.н., проф.

Зам. главного редактора

ПОЧТАРЕВА А. В.

Редакционная коллегия:

АЛБОРОВ И. Д., д.т.н., проф.
 БЕЛИНСКИЙ С. О., к.т.н., доц.
 ВАСИЛЬЕВ А. В., д.т.н., проф.
 ВОРОБЬЕВ Д. В., д.м.н., проф.
 ЗАБОРОВСКИЙ Т., д.т.н., проф.
 (Польша)
 ИВАНОВ Н. И., д.т.н., проф.
 КАЧУРИН Н. М., д.т.н., проф.
 КИРСАНОВ В. В., д.т.н., проф.
 КОСОРУКОВ О. А., д.т.н., проф.
 КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н., д.т.н.,
 проф.
 КСЕНОФОНТОВ Б. С., д.т.н.,
 проф.
 КУКУШКИН Ю. А., д.т.н., проф.
 МАЛАЯН К. Р., к.т.н., проф.
 МАРТЫНЮК В. Ф., д.т.н., проф.
 МАТЮШИН А. В., д.т.н.
 МИНЬКО В. М., д.т.н., проф.
 МИРМОВИЧ Э. Г., к.ф.-м.н., доц.
 ПЕТРОВ С. В., к.ю.н., с.н.с.
 РОДИН Г. А., д.т.н.
 СИДОРОВ А. И., д.т.н., проф.
 ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.
 ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.
 ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

8(224)
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА

Будыкина Т. А., Ляшенко С. М. Анализ статистики несчастных случаев на сахарных заводах	3
Рудаков М. Л., Кольвах К. А. О возможности использования критерия максимального правдоподобия в целях оценки профессионального риска, обусловленного обрушениями горных пород при подземной добыче угля	10

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Куликов К. Н., Петров С. А., Родин Г. А. Методика формирования комплекса переработки жидких опасных отходов, образующихся на стадиях жизненного цикла кораблей и судов с ЯЭУ	14
Андреев Е. А., Орлов А. С., Косьмин Г. В. Определение остаточного ресурса технических систем на примере электроустановок	25

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Бочкарев А. Н. Современные требования по противопожарному обеспечению воздушных судов на гражданских аэродромах	28
Сперанский А. А., Лобов Д. А., Мамагин С. В. Определение огнетушащей эффективности азота при возгорании литий-ионных аккумуляторов	32

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Лиев К. Б., Долова М. Л. Использование современных технологий для оповещения населения о градобитии	36
--	----

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Бобович Б. Б., Березина В. А. Анализ негативного воздействия электроэнергетики на окружающую среду	40
Суворова Ю. А., Дорохов Р. В., Тарова А. А., Рязанов И. В. Энергосберегающая система очистки воздуха от диоксида углерода для объектов коллективной защиты	45
Новинюк Л. В., Велизон П. З. Изучение сорбции ионов свинца (Pb ²⁺) на хитин- и хитозановых биополимерах, выделенных из мицелиальных отходов производства пищевой лимонной кислоты	49

ОБРАЗОВАНИЕ

Симакова Е. Н., Старостин И. И., Бондаренко А. В., Гапонюк Н. А., Коновалова М. В. Опыт организации и проведения производственной (преддипломной) практики бакалавров на кафедре "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана	53
Багинова О. Д., Саможапова С. Д. Рабочая тетрадь как средство, способствующее развитию навыков самостоятельной работы обучающихся	60

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, так как он включен в Международную базу данных Chemical Abstracts. Журнал также индексируется в Российском индексе научного цитирования.



LIFE SAFETY

BEZOPASNOST' ŽIZNEDATEL'NOSTI

The journal published since
January 2001

Editorial board

AGOSHKOV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
GRACHEV V. A., Cor.-Mem. RAS,
Dr. Sci. (Tech.)
DURNEV R.A., Dr. Sci. (Tech.)
ZALIKHANOV M. Ch., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Geog.), Cand. Sci. (Biol.)
KOTELNIKOV V. S., Dr. Sci. (Tech.)
PLYUSHCHIKOV V. G.,
Dr. Sci. (Agri.-Cult.)
PRONIN I. S., Dr. Sci. (Phys.-Math.)
RODIN V. E., Dr. Sci. (Tech.)
TETERIN I. M., Dr. Sci. (Tech.)
USHAKOV I. B., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Med.)
FEDOROV M. P., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Tech.)
CHERESHNEV V. A., Acad. RAS,
Dr. Sci. (Med.)
ANTONOV B. I.

Editor-in-chief

RUSAK O. N., Dr. Sci. (Tech.)

Deputy editor-in-chief

POCHTAREVA A. V.

Editorial staff

ALBOROV I. D., Dr. Sci. (Tech.)
BELINSKIY S. O.,
Cand. Sci. (Tech.)
VASILYEV A. V., Dr. Sci. (Tech.)
VOROBYEV D. V., Dr. Sci. (Med.)
ZABOROVSKIY T. (Poland),
Dr. Sci. (Tech.)
IVANOV N. I., Dr. Sci. (Tech.)
KACHURIN N. M., Dr. Sci. (Tech.)
KIRSANOV V. V., Dr. Sci. (Tech.)
KOSORUKOV O. A., Dr. Sci. (Tech.)
KRASNOGORSKAYA N. N.,
Dr. Sci. (Tech.)
KSENOFONTOV B. S.,
Dr. Sci. (Tech.)
KUKUSHKIN Yu. A.,
Dr. Sci. (Tech.)
MALAYAN K. R., Cand. Sci. (Tech.)
MARTYNYUK V. Ph.,
Dr. Sci. (Tech.)
MATYUSHIN A. V., Dr. Sci. (Tech.)
MINKO V. M., Dr. Sci. (Tech.)
MIRMOVICH E. G.,
Cand. Sci. (Phis.-Math.)
PETROV S. V., Cand. Sci. (Yurid.)
RODIN G. A., Dr. Sci. (Tech.)
SIDOROV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)
SHVARTSBERG L. E.,
Dr. Sci. (Tech.)

8(224)
2019

CONTENTS

LABOUR PROTECTION

- Budykina T. A., Lyashenko S. M.** Statistical Analysis of Accidents in Sugar Factories 3
Rudakov M. L., Kolvakh K. A. About the Possibility of Using the Maximum Likelihood Criterion in Order to Assess the Occupational Risk Caused by Rock Breaks during Underground Coal Mining 10

INDUSTRIAL SAFETY

- Kulikov K. N., Petrov S. A., Rodin G. A.** Liquid Hazardous Waste Generated at the Stages of the Life Cycle of Ships and Vessels with Nuclear Power Plants 14
Andreev E. A., Orlov A. S., Kosmin G. V. Determination of Residual Life of Technical Systems on the Example of Electrical Installations 25

FIRE SAFETY

- Bochkarev A. N.** Modern Requirements for Fire Protection of Aircraft at Civil Airfields 28
Speransky A. A., Lobov D. A., Mamagin S. V. Determination of Fire Extinguishing Nitrogen Efficiency in the Fire of Lithium-Ion Batteries 32

SITUATION OF EMERGENCY

- Liev K. B., Dolova M. L.** Use of Modern Technologies to Alert the Public about Hardship 36

ECOLOGICAL SAFETY

- Bobovich B. B., Berezina V. A.** Analysis of the Negative Impacts of Electroenergetics on the Environment 40
Suvorova Yu. A., Dorohov R. V., Tarova A. A., Ryazanov I. V. Energy-Saving Carbon Dioxide air Purification System for Collective Protection Facilities 45
Novinyuk L. V., Velinzon P. Z. The Study of the Sorption of Lead Ions (Pb²⁺) on Chitin- and Chitosan Biopolymers Isolated from Mycelial Wastes of Food Citric Acid Production 49

EDUCATION

- Simakova E. N., Starostin I. I., Bondarenko A. V., Gaponyuk N. A., Konovalova M. V.** Experience of the Organization and Holding a Work (Predegree) Practice of Bachelors at "Ecology and Industrial Safety" Bauman Moscow State Technical University 53
Baginova O. D., Samozhapova S. D. Workbook as a Means of Promoting the Development of Students Independent Work Skills 60

Information about the journal is available online at: <http://novtex.ru/bjd>, e-mail: bjd@novtex.ru

УДК 331.45

Т. А. Будыкина, д-р техн. наук, проф. кафедры, e-mail: tbudykina@yandex.ru,
С. М. Ляшенко, канд. воен. наук, зав. кафедрой, Академия гражданской защиты
МЧС России, Химки, Московская область

Анализ статистики несчастных случаев на сахарных заводах

Приведены статистические данные и обстоятельства возникновения несчастных случаев, произошедших на сахарных заводах Российской Федерации с 2010 по 2018 г. За указанный период времени на сахарных заводах РФ произошло 18 несчастных случаев, в которых погибло 13 человек, пострадало 45 человек. Отмечено, что большинство смертельных несчастных случаев на сахарных заводах (46 %) происходит при выполнении ремонтных работ техническими службами, тяжелых несчастных случаев — при выполнении основных технологических процессов. Выявлено, что наиболее частой причиной смертельных несчастных случаев является падение работников с высоты; тяжелые травмы работников в результате несчастных случаев связаны с химическим фактором и механическим травмированием. Наблюдается тенденция роста несчастных случаев на сахарных заводах за 2017—2018 гг. Выявлены территории Российской Федерации, лидирующие по количеству несчастных случаев на сахарных заводах.

Ключевые слова: сахарные заводы, несчастные случаи, смертельные и тяжелые несчастные случаи, работы на высоте, механическое травмирование

Введение

Производство сахара занимает одно из первых мест среди отраслей пищевой промышленности. На территории Российской Федерации функционируют 76 сахарных заводов, расположенных в 22 регионах Российской Федерации [1]:

- 15 заводов — в Краснодарском крае;
- по 9 заводов — в Курской и Воронежской областях;
- 7 заводов — в Белгородской области;
- 6 заводов — в Липецкой области;
- 5 заводов — в Тамбовской области;
- 4 завода — в Орловской области;
- по 3 завода — в Республиках Башкортостан и Татарстан, в Пензенской области;
- по 1 заводу — в Саратовской, Брянской, Рязанской, Тульской, Нижегородской, Ульяновской областях; в Ставропольском, Приморском, Алтайском краях; в Карачаево-Черкесской, Чеченской Республиках, в Республике Мордовия.

Как видно из представленных данных, сахарные заводы расположены, преимущественно, на европейской территории, поэтому регионами — лидерами производства сахара в РФ, по данным 2016 г., являются Краснодарский край, Воронежская, Курская, Тамбовская, Липецкая,

Белгородская области, где сосредоточено большинство сахарных заводов.

Современный свеклосахарный завод — это крупное предприятие, перерабатывающее 6 тыс. т и более свеклы в сутки, занимающее значительные территории (свыше 10 га) и работающее в непрерывном режиме, сезонно (с сентября по декабрь, при большом урожае — до января — февраля). Сахарный завод, наряду с основными производственными отделениями (свеклоперерабатывающим, сокоочистительным и продуктовым), имеет внушительную сопутствующую инфраструктуру — ТЭЦ, складское хозяйство (для известняка, угля, готовой продукции), кагатные поля (для хранения сырья — сахарной свеклы), поля фильтрации для очистки сточных вод.

Применяемое оборудование разнообразно и может представлять потенциальную опасность для персонала при несоблюдении правил безопасной эксплуатации аппаратов.

К опасным факторам на сахарном заводе следует отнести следующие:

- работа на высоте (оборудование расположено на разных высотных отметках);
- наезды машин (например, на кагатных полях);
- захваты незащищенными движущимися частями машин и механизмов — гидротранспортеров,



свекломоек, свеклорезок, прессов для отжима жома, центрифуг, утфелемешалок, конвейеров;

— придавливания навесными машинами и механизмами при опрокидывании агрегатов и машин, обрушении сырья, полуфабрикатов и готовой продукции;

— термическое воздействие от повышенных температур воды, пара, технологических растворов и поверхностей аппаратов (диффузионные аппараты, жомосушильные установки, известняково-обжигательные печи);

— поражение электрическим током.

Вследствие большого разнообразия технологических процессов и аппаратов производства сахара, сопряженных с воздействием опасных производственных факторов, на сахарных заводах имеют место несчастные случаи разной степени тяжести.

В литературе [2—6] рассмотрены проблемы обеспечения охраны труда, приведены данные анализа статистики заболеваемости и несчастных случаев в различных отраслях промышленности, в том числе в сахарной отрасли [7].

Характеристика объекта исследования

Объектами аналитического исследования по статистике несчастных случаев в период с 2010 по 2018 г. выбраны сахарные заводы. Описание произошедших на заводах несчастных случаев сделано на основе данных интернет-источников (табл. 1) [8—10].

Результаты исследований

Как видно из табл. 1, за указанный период времени на сахарных заводах РФ произошло 18 несчастных случаев, в которых погибло 13 человек, пострадало — 45 человек. Причем за период 2016—2018 гг. участились случаи травмирования и гибели людей на сахарном производстве; произошло 13 НС (72 % за рассматриваемый период 2010—2018 гг.), в которых погибло 8 человек, пострадало — 5 человек.

Представленные данные о смертельных НС могут быть по факту немного выше, так как в открытых источниках отсутствует информация о состоянии здоровья тяжело пострадавших по прошествии времени возникновения чрезвычайного происшествия.

Наибольшее число НС с 2010 по 2018 г. произошло в Тамбовской области (3 НС); в Пензенской, Курской областях, Республике Башкортостан, Краснодарском крае — по 2 НС соответственно.

В табл. 2 приведены обобщения по выявлению наиболее характерных мест (отделений завода) возникновения НС. Как видно из таблицы, основное число смертельных НС происходит при выполнении ремонтных работ техническими службами на сахарных заводах (46 %), тяжелых НС — при выполнении основных технологических процессов.

Основные причины смертельных НС на сахарных заводах:

- механическое травмирование (9 случаев):
 - падение с высоты — 5 случаев;
 - движущимися частями оборудования — 2 случая;
 - придавливание механизмами — 2 случая;
- термическое воздействие — 4 случая.

Основные причины тяжелых травм в результате НС:

- химический фактор — 37 пострадавших человек;
- механическое травмирование (7 человек):
 - движущимися частями оборудования — 4 пострадавших;
 - падение с высоты — 1 пострадавший;
 - придавливание — 2 пострадавших;
 - термическое воздействие — 1 пострадавший.

Таким образом, основная доля смертельных НС связана с падением работников с высоты, следовательно, необходимо уделять особое внимание безопасности труда при организации работ на высоте с детальным разбором обстоятельств трагедии.

Было изучено возникновение НС по дням недели в исследуемый промежуток времени (2010—2018 гг.) среди всех 18 НС. Результаты следующие. Наибольшее число НС — 6 произошло в пятницу, 4 НС — в четверг, 3 НС — в среду, по 2 НС — в воскресенье и четверг и 1 НС — в понедельник.

В то же время, изучая число НС в основной период работы заводов — сентябрь — декабрь, было также подтверждено, что в пятницу происходит наибольшее число НС — 4. Далее по убывающей — вторник (2 НС) и понедельник, четверг, воскресенье (по 1 НС).

Распределение НС по месяцам года представлено в табл. 3. Как видно из таблицы, самое большое число НС происходит в декабре в основном производстве в связи с накопленной усталостью персонала, вызванной непрерывностью производственного цикла и завершением календарного года. Одинаковое число НС происходит с августа по ноябрь при производстве сахара (2 НС). В январе, наряду с основным производством, опасность связана еще и с проведением ремонтных работ. В апреле — мае НС возникают в зонах хранения продукции.

Статистика несчастных случаев (НС) на сахарных заводах с 2010 по 2018 г. [8—10]

№	Дата, место возникновения НС	Предприятие	Место возникновения НС. Выполняемые работы	Обстоятельства НС	НС (смертельный/тяжелый)	Причины, вызвавшие несчастный случай
1	14.11.2010, Тамбовская область, г. Уварово	ЗАО "Уваровский сахарный завод"	Сушильное отделение	При попытке поднять с внутренней стороны ленты конвейера ком сахара правая рука сушильщика попала под барабан транспортера	—/1	Эксплуатация неисправного оборудования Отсутствие предупредительной предупусковой звуковой или световой сигнализации конвейера Отсутствие защитного кожуха вращающихся частей (натяжного барабана) конвейера
2	21.08.2012, Пензенская обл., Бековский р-н, пос. Сахзавод	ООО "Бековский сахарный завод"	Технические службы	Три электросварщика монтировали металлоконструкции в галерее жома сахарного завода. Один из них, упав с высоты, скончался	1/—	Недостатки в организации рабочих мест: конструкция временного ограждения галереи не соответствовала требованиям безопасности (отсутствие вали промежуточные горизонтальные элементы и высота ограждения была недостаточной)
3	19.10.2012, Краснодарский край, Выселковский район, ст-ца Выселки	Выселковский сахарный завод (ЗАО "Кристалл")	Нет сведений	Работники предприятия получили химический ожог рогаговыцы I степени	—/37	Отсутствие на заводе основной и дополнительной вентиляции Работники не использовали средства индивидуальной защиты Отсутствие контроля опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах
4	15.04.2014, Курская обл., Золотухинский р-н, п. Солнечный	ООО "Сахар Золотухино"	Складское помещение	Три сотрудницы, вручную откатавших слежавшийся сахар, были травмированы многотонным обвалом сахарного песка. Две женщины получили переломы ног, одна — скончалась от полученных травм	1/2	Нарушение правил хранения сахара (в непроветриваемом складском помещении)
5	05.12.14, Республика Татарстан, г. Зайнек	ПАО "Зайнский сахар"	Сокоочистительное отделение	Три работника предприятия получили термические ожоги от 50 до 80 % кожи тела при сливе остатка горячего дефеката (смеси извести и несахаров) из 3,5-метровой емкости. При открытии люка резервуара произошел выброс паров горячей смеси с температурой выше 60 °С	3/—	Нарушение правил техники безопасности, инструкций и технологических регламентов
6	01.04.2016, с. Пинеровка Балашовского р-на Саратовской области	ООО "Балашовский сахарный комбинат"	Ремонтные работы	Работник подрядной организации упал с высоты 12 м на технологическое оборудование	1/—	Нарушение правил техники безопасности
7	21.11.2016, Брянская область, п. Лопандино Комаричского р-на	ООО "Сахар" (Лопандинский)	Технические службы	В результате повреждения линии по подаче горячей воды сотрудник завода получил сильные ожоги, нанесшие тяжкий вред здоровью	—/1	Необеспеченность необходимыми средствами индивидуальной защиты





Продолжение табл. 1

№	Дата, место возникновения НС	Предприятие	Место возникновения НС. Выполняемые работы	Обстоятельства НС	НС (смертельный/тяжелый)	Причины, вызвавшие несчастный случай
8	02.12.2016, г. Жердевка, Тамбовская область	ПАО "Сахарный завод "Жердевский""	Теплоилловое хозяйство	При перекачивании горячего мазута из емкости в машину рабочий завода упал в открытый люк емкости с горячим мазутом. Пострадавший скончался от полученных травм	1/—	Нарушение правил техники безопасности
9	13.12.2016, Пензенская область, г. Каменка	ПАО "Атмис-Сахар" (Каменский сахарный завод)	Нет сведений	При запуске конвейера пострадавший правой рукой решил стряхнуть из-вестку с агрегата — привода барабана ленточного транспортера, но сделал это неаккуратно. В результате руку затянуло в механизм и оторвало	—/1	Нарушение правил техники безопасности
10	10.03.2017, Липецкая область, г. Елец	ООО "Агроснаб-сахар" (Елецкий сахарный завод)	Ремонтные работы	Два работника подрядной организации проводили газосварочные работы при строительстве цеха на территории ООО "Агроснабсахар" на высоте 12 м. Газоэлектросварщик отлетел от страховочные ремни на высоте, отступился и упал, получив несоместимые с жизнью травмы	1/—	Нарушение правил техники безопасности
11	03.05.2017, Ульяновская область, р.п. Цильна	ОАО "Ульяновск-сахар"	Складское отделение	После загрузки автомобиля сахаром заведующий складом попросил грузчиков подняться на крышу склада и поправить кровлю из рубероида. При расправлении кровли рабочий потянул на себя карниз, но он оторвался от кровли. Рабочий упал грудью с крыши здания на рельсы железнодорожных путей. От полученных травм грузчик скончался в медицинском учреждении	1/—	Использование пострадавшего не по специальности Неудовлетворительная организация производства работ Допуск работника к работам на высоте без оформления в установленном порядке наряда-допуска на проведение работ на высоте, без прохождения обучения и проверки знаний требований охраны труда и работам на высоте без прохождения медицинского осмотра Необеспечение работников средствами СИЗ, выраженное в невыдаче грузчиком, выполнявшим работы на высоте, предохранительных поясов
12	13.07.2017, Курская область, Мантуровский район, с. Сейм	ПАО "Криец-сахар"	Ремонт производственных помещений завод	При выполнении ремонта производственных помещений завода маляр сорвался с 13-метровой высоты и упал на пол, на котором находились металлическая арматура, строительный мусор и куски бетона. От полученных травм мужчина скончался в больнице	1/—	Нарушение правил безопасности



№	Дата, место возникновения НС	Предприятие	Место возникновения НС. Выполняемые работы	Обстоятельства НС	НС (смертельный/тяжелый)	Причины, вызвавшие несчастный случай
13	19.09.2017, Республика Башкортостан, Альшеевский р-н, с. Раевский	ООО "Раевсахар"	Свеклоприемный пункт	Во время выгрузки сахарной свеклы с помощью электрической буртоукладочной машины пострадавший забрался в бункер землекопателя для очистки валов от налипшей земли. В это время другой сотрудник запустил машину, в результате чего оператор упал, а его левая рука оказалась зажата между вращающимся валом и скребком. Пострадавший получил сочетанную травму	—/1	Несовершенство технологического процесса Неудовлетворительная организация производства работ
14	05.10.2017, Тульская область, Богородицкий р-н, пос. Товарковский	ОАО "Товарковский сахарный завод"	Свеклоприемный пункт	Во время разгрузки сахарной свеклы водитель грузовика попытался откинуть борт кузова, чтобы высыпать свеклу на транспортную ленту. Мужчина оступился, упал на ленту, после чего его затянуло в движущиеся части агрегата. От полученных повреждений он скончался на месте	1/—	Нарушение правил безопасности
15	17.01.2018, Краснодарский край, Выселковский район, ст-ца Выселки	ЗАО "Кристалл" (Выселковский сахарный завод)	Технические службы	Во время проведения работ на машину обрушилась металлоконструкция, в результате чего он получил травмы, не совместимые с жизнью	1/—	Нет сведений
16	28.01.2018, Республика Башкортостан, г. Мелеуз	АО "Мелеузовский сахарный завод"	Цех сушки сахара	При очистке работающего приводного оборудования произошло зажатие рук рабочего между барабаном и транспортной лентой, в результате чего пострадавший получил множественные травмы и переломы рук	—/1	Нарушение правил охраны труда (чистка работающего оборудования) Недостаточная подготовленность сотрудников Эксплуатация неисправных машин Нарушение технологического процесса, выразившееся в осуществлении регулировки и очистки ленточного конвейера без его остановки
17	17.08.2018, Тамбовская область, г. Уварово	ЗАО "Уваровский сахарный завод"	Цех готовой продукции	Работница, находившаяся внутри вакуумного аппарата для варки утфеля второго продукта и выполнявшая работы по очистке аппарата, погибла в результате включения аппарата	1/—	Нарушение требований охраны труда
18	07.09.2018, Орловская обл., пгт. Залегощь	ООО "Залегощенский сахарный завод"	Технические службы	Электросварщик предприятия, двигаясь со стороны каменных полей к производственным зданиям, на переходе через железнодорожные пути оступился и упал в яму гидротранспортера с высоты. Электросварщик был доставлен в больницу	—/1	Непроведение обучения по охране труда, проверки знаний требований охраны труда Первичный инструктаж на рабочем месте не проводился Не проводилась стажировка Не проводилось обучение и проверка знаний норм и правил работы в электроустановках с получением группы по электробезопасности не ниже II



Таблица 2

Распределение мест возникновения смертельных и тяжелых НС на сахарных заводах РФ за период 2010–2018 гг.

№	Смертельные НС		Тяжелые НС	
	Цех, отделение	Число НС	Цех, отделение	Число НС
1	Технические службы	6	Основное производство	38
2	Сокоочистительное отделение	3	Технические службы	2
3	Склад бестарного хранения	2	Склад бестарного хранения	2
4	Цех готовой продукции	1	Цех сушки сахара	2
5	Свеклоприемный пункт	1	Свеклоприемный пункт	1
	Итого	13	Итого	45

Таблица 3

Распределение НС по месяцам года
(по данным статистики за 2010–2018 гг.).

№	Месяц года	Число НС	Место возникновения НС. Выполняемые работы
1	Январь	2	Основное производство. Ремонтные работы
2	Февраль	0	—
3	Март	1	Ремонтные работы
4	Апрель	2	Складское хозяйство. Ремонтные работы
5	Май	1	Складское хозяйство
6	Июнь	0	—
7	Июль	1	Ремонтные работы
8	Август	2	Ремонтные работы
9	Сентябрь	2	Основное производство. Ремонтные работы
10	Октябрь	2	Основное производство
11	Ноябрь	2	Основное производство
12	Декабрь	3	Основное производство

Выводы

Зная статистику несчастных случаев, следует учитывать ее при организации занятий по охране труда с работниками в определенные месяцы года, выделять возможные опасные зоны и предупреждать чрезвычайные происшествия.

Проведенное статистическое исследование показало, что, к сожалению, наблюдается участвующая динамика возникновения НС на сахарных заводах. Причем Белгородская и Воронежская области Центрального Черноземья демонстрируют высокий уровень состояния охраны труда на сахарном производстве, что подтверждается отсутствием регистрации смертельных и тяжелых НС за последние 8 лет.

Для повышения состояния производственной безопасности, сохранения жизни трудящихся необходимо проводить не только целый комплекс мероприятий по охране труда, включающий традиционные действия (обучение, инструктажи и пр.) с учетом выявленной статистики, но и экстренные (детальный разбор обстоятельств НС, произошедших на других сахарных заводах), а также нетрадиционных, современных — видеосюжеты либо анимационные ролики о возможности возникновения НС при неправильных действиях. Образцом в пропаганде безопасности, например, можно считать ролики безопасности поведения на дорогах Московского транспорта (МЦК).

С целью сохранения здоровья трудящихся эффективное управление профессиональными рисками на производстве должно включать оценку опасности, оценку последствий и принятие мер по их предотвращению [11–14]. "Лучше учиться на чужих ошибках"!

Список литературы

1. **Официальный сайт** Сахар-Онлайн. URL: <http://saharonline.ru> (дата обращения 28.05.2019).
2. **Тимохин О. В.** Условия труда, травматизм и заболеваемость работников сельского хозяйства Орловской области // Безопасность жизнедеятельности. — 2019. — № 3. — С. 10–14.
3. **Аблязов Н. Р.** Динамика уровня травматизма и проблемы охраны труда на строительных предприятиях // Безопасность жизнедеятельности. — 2018. — № 11. — С. 6–10.
4. **Жернов Ю. В., Воробьев Д. В., Рязанова О. Ю.** Санитарно-гигиеническое состояние условий труда и профессиональной заболеваемости на промышленных предприятиях Самарской области // Безопасность жизнедеятельности. — 2018. — № 11. — С. 11–15.
5. **Гарипова Р. В., Берхеева З. М.** Анализ профессиональной заболеваемости работников литейного завода ПАО "КАМАЗ" // Безопасность жизнедеятельности. — 2018. — № 11. — С. 18–21.
6. **Бобович Б. Б., Гарбуз Я. А.** Травматизм в сельском хозяйстве и его профилактика // Безопасность жизнедеятельности. — 2018. — № 11. — С. 11–16.

7. **Phoolchund H. N.** Aspects of Occupational Health in the Sugar Cane Industry // *The Journal of the Society of Occupational Medicine*. 1991. No. 41 (3). P. 133–136.
8. **Официальный сайт** Сахар. URL: <http://sugar.ru> (дата обращения 10.08.2018).
9. **Официальный сайт** Государственная инспекция труда Тамбовской области. URL: <https://git68.rostrud.ru> (дата обращения 15.09.2018).
10. **Официальный сайт** Вестник промышленной безопасности. URL: <http://www.vestipb.ru> (дата обращения 15.09.2018).
11. **Фомин А. И., Малышева М. Н.** Исследование состояние травматизма со смертельным исходом в отраслях экономики Кузбасса // *Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири*. Сибресурс 2016. Материалы XVI Международной научно-практической конференции, 23–24 ноября 2016 г., Кемерово. — Кемерово, 2016.
12. **Котельников В. С., Грозовский Г. И., Вернигор В. В.** Управление безопасностью опасного производственного объекта // *Безопасность жизнедеятельности*. — 2018. — № 11. — С. 25–30.
13. **Снижение** производственного травматизма на предприятиях топливно-энергетического комплекса путем проведения поведенческого аудита безопасности / Е. В. Глебова, А. Т. Волохина, М. В. Иванова, А. В. Коробов // *Безопасность жизнедеятельности*. — 2018. — № 8. — С. 13–17.
14. **Воскобоев В. Ф.** Общая формулировка задачи управления технико-экономической системой при обеспечении ее устойчивого и безопасного функционирования // *Научные и образовательные проблемы гражданской защиты*. — 2016. — № 1. — С. 36–40.

T. A. Budykina, Professor of Chair, e-mail: tbudykina@yandex.ru,
S. M. Lyashenko, Associate Professor, Head of Chair, Academy of Civil Defence of EMERCOM of Russia, Khimki, Moscow Region

Statistical Analysis of Accidents in Sugar Factories

The statistics and circumstances of the occurrence of incalculable cases that occurred at the sugar factories of the Russian Federation from 2010 to 2018 are given. For a specified period of time in sugar factories of the Russian Federation there were 18 episodes of accidents, which killed 13 people, injured 45 people, the Main number of fatal accidents in sugar factories (46 %) occurs in the repair, technical services, serious accidents — while performing main technological processes. It is revealed that the most frequent causes of fatal accidents are the fall of workers from a height. Severe injuries of employees as a result of accidents are associated with chemical factors and mechanical injury. The tendency of growth of accidents at sugar plants for the last two years is noted. The territories of the Russian Federation leading in the number of accidents at sugar factories were identified.

Keywords: sugar factories, accidents, fatal and severe accidents, work at height, mechanical injury

References

1. **Официальный сайт** Сахар-Online. URL: <http://saharonline.ru> (date of access 28.05.2019).
2. **Timohin O. V.** Usloviya truda, travmatizm i zabolevaemost' rabotnikov sel'skogo hozyajstva Orlovskoj oblasti. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2019. No. 3. P. 10–14.
3. **Ablyazov N. R.** Dinamika urovnya travmatizma i problemy ohrany truda na stroitel'nyh predpriyatiyah. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2018. No. 11. P. 6–10.
4. **Zhernov Yu. V., Vorob'ev D. V., Ryazanova O. Yu.** Sanitarnogigienicheskoe sostoyanie uslovij truda i professional'noj zabolevaemosti na promyshlennyh predpriyatiyah Samarskoj oblasti. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2018. No. 11. P. 11–15.
5. **Garipova R. V., Berheeva Z. M.** Analiz professional'noj zabolevaemosti rabotnikov litejnogo zavoda PAO "KAMAZ". *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2018. No. 11. P. 18–21.
6. **Bobovich B. B., Garbuz Ya. A.** Travmatizm v sel'skom hozyajstve i ego profilaktika. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2018. No. 11. P. 11–16.
7. **Phoolchund H. N.** Aspects of Occupational Health in the Sugar Cane Industry. *The Journal of the Society of Occupational Medicine*. 1991. No. 41 (3). P. 133–136. DOI: 10.1093.
8. **Официальный сайт** Сахар. URL: <http://sugar.ru> (date of access 10.08.2018).
9. **Официальный сайт** Gosudarstvennaya inspekcija truda Tambovskoj oblasti. URL: <https://git68.rostrud.ru> (date of access 15.09.2018).
10. **Официальный сайт** Vestnik promyshlennoj bezopasnosti. URL: <http://www.vestipb.ru> (date of access 15.09.2018).
11. **Fomin A. I., Malysheva M. N.** Issledovanie sostoyanie travmatizma so smertel'nyim iskhodom v otraslyah ehkonomiki Kuzbassa. *Prirodnye i intellektual'nye resursy Sibiri. Sibresurs 2016. Materialy VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, 23–24 noyabrya 2016 g.*, Kemerovo. Kemerovo, 2016.
12. **Kotel'nikov V. S., Grozovskij G. I., Vernigor V. V.** Upravlenie bezopasnost'yu opasnogo proizvodstvennogo ob'ekta. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2018. No. 11. P. 25–30.
13. **Snizhenie** proizvodstvennogo travmatizma na predpriyatiyah toplivno-ehnergeticheskogo kompleksa putem provedeniya povedencheskogo audita bezopasnosti. E. V. Glebova, A. T. Volohina, M. V. Ivanova, A. V. Korobov // *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2018. No. 8. P. 13–17.
14. **Voskoboev V. F.** Obshchaya formulirovka zadachi upravleniya tekhniko-ehkonomicheskoy sistemoy pri obespechenii ee ustojchivogo i bezopasno-go funkcionirovaniya. *Nauchnye i obrazovatel'nye problemy grazhdanskoj zashchity*. 2016. No. 1. P. 36–40.



УДК 331.438

М. Л. Рудаков, д-р техн. наук, проф., К. А. Кольвах, асп., e-mail: kupijersey@yandex.ru, Санкт-Петербургский горный университет

О возможности использования критерия максимального правдоподобия в целях оценки профессионального риска, обусловленного обрушениями горных пород при подземной добыче угля

Приведены данные анализа травматизма, обусловленного обрушениями горных пород на промышленных предприятиях России, ведущих добычу угля подземным способом в целях выявления связей между ключевыми статистическими показателями, влияющими на аварийность, и уровнями профессионального риска. Представлены данные по смертельному травматизму работников угольных шахт в период с 2006 по 2017 г., а также наблюдаемые уровни индивидуального риска. Рассмотрены возможности применяемых многофункциональных систем безопасности (МФСБ). Определены статистические показатели, оказывающие непосредственное влияние на устойчивость массива горных пород. В статье представлена математическая модель оценки профессионального риска на основе критерия максимального правдоподобия.

Ключевые слова: обрушения, риск, ключевые статистические показатели, многофункциональные системы безопасности, критерий максимального правдоподобия, угольная шахта, сейсмическая энергия

Введение

Анализ производственного травматизма в угольной промышленности показывает, что несмотря на тенденцию к снижению травматизма, состояние охраны труда работников предприятий данной отрасли остается неудовлетворительным.

По данным Ростехнадзора, за 2016–2017 гг. на угольных шахтах России произошло 9 смертельных несчастных случаев (НС), обусловленных обрушениями горных пород, что составляет 22 % от общего числа случаев смертельного травматизма (рис. 1). Обрушения горных пород являются второй по распространенности причиной случаев смертельного травматизма на угольных шахтах [1].

Примерно 65...66 % от общего числа НС, вызванных обрушением горных пород, приходится на очистные забои (лавы). На забои подготовительных выработок и на протяжении действующих подготовительных выработок приходится соответственно 22...23 % и 12...15 % несчастных случаев. Случаи травмирования в действующих подготовительных выработках происходят в основном при перемещении крепи [1].

Из общего числа несчастных случаев, происходящих в лавах, около 30 %

приходится на так называемые концевые участки (ниши, сопряжения). Уровень травматизма в значительной степени определяется горно-геологическими условиями, горнотехническими и организационными факторами [1, 2].

Оценку уровня опасности различных источников травматизма следует производить на основе показателя индивидуального риска R — ожидаемой частоты гибели человека в результате

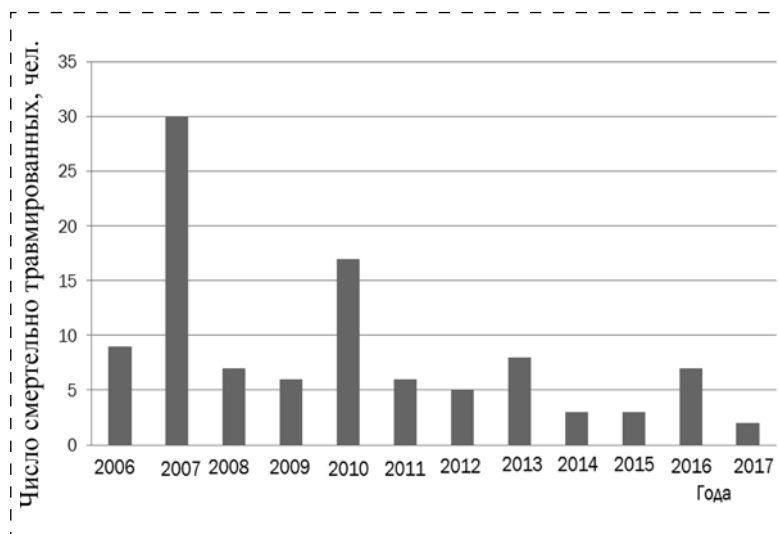


Рис. 1. Число случаев смертельного травматизма, обусловленного обрушениями горных пород на угольных шахтах, в период 2006–2017 гг. [1]

воздействия исследуемого травмирующего фактора. Среднее значение допустимого риска в профессиональной сфере деятельности в России установлено на уровне $R = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$. Условия профессиональной деятельности считаются безопасными, если показатель индивидуального риска для персонала ниже допустимого, и опасными — если превышает этот порог [3, 4].

Среднее значение наблюдаемого индивидуального риска смертельного травматизма, обусловленного обрушениями горных пород, на 2017 г. составляет $1,9 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$. На отдельных угольных шахтах наблюдаемый индивидуальный риск смертельного травматизма достигал значений: $3 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ (шахта Красногорская (Кузбасс), 2014 г.), $3 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ (шахта Зиминка (Республика Коми), 2012 г.), $4 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ (шахта Киселевская (Кузбасс), 2011 г.), $4 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ (шахта Северная (Печорский угольный бассейн), 2016 г.) [5].

Мониторинг условий возникновения различных видов опасности, в рамках применяемых многофункциональных систем безопасности (МФСБ), выполняют системы дистанционного контроля (СДК), использование которых нацелено:

- на раннее распознавание и оценку развития предаварийных ситуаций, информационное обеспечение возможностей принятия в реальном времени мер по предотвращению аварий, прогнозирование времени на принятие и реализацию решения для предотвращения нарушения границ нормативного диапазона, устанавливаемых для параметров оборудования;
- на реализацию на предприятиях риск-ориентированного подхода, позволяющего системное прогнозирование рисков, выявление узких мест, обоснование допустимых рисков и оперативных мер в обеспечение промышленной безопасности на угольных шахтах;
- на обоснование сбалансированных мер обеспечения промышленной безопасности при средне- и долгосрочном планировании на угольных шахтах;
- на создание базы знаний и системное обоснование требований к совершенствованию и развитию МФСБ угольных шахт [5, 6].

Объект исследования

Для контроля состояния горного массива, в качестве основной составляющей МФСБ, применяют систему геофизических наблюдений. Для данной системы сформулированы следующие ключевые статистические показатели:

1) статистические показатели превышения установленных пределов безопасной эксплуатации опасного производственного объекта (ОПО);

2) предпосылки превышения предела безопасной эксплуатации;

3) статистические показатели эффективности барьеров нарушениям промышленной безопасности [6].

Ключевые статистические показатели текущего уровня на угольной шахте учитывают цель и задачи создания СДК. Состояние промышленной безопасности оценивается по данным, поступающим от СДК, с учетом классификации событий (рис. 2).

Класс С4 формируют события, проявляющиеся в таком изменении параметров, которые при развитии потенциально могут приводить к предпосылкам к инцидентам (авариям, случаям травматизма, случаям смертельного травматизма и т. д.). Класс С3 формируют события, которые формально определяются как явная предпосылка к инциденту. Класс С2 формируют события, которые формально характеризуют повышенную вероятность инцидента. Класс С1 формируют события, которые формально характеризуют высокий риск аварии, превышающий уровень допустимого риска аварии, установленный на ОПО [6].

В расчетах наибольшую значимость приобретают статистические показатели превышения установленных пределов безопасной эксплуатации опасного производственного объекта, включающие:

- количество событий классов С2—С1 за период t ;
- частота событий классов С2—С1 за период t ;
- общая продолжительность событий классов С2—С1 за период t (с учетом уровня события);
- нормированная продолжительность событий классов С2—С1 за период t ;
- относительный показатель превышения предела безопасной эксплуатации: динамика нормированной продолжительности событий классов С2—С1 [6].

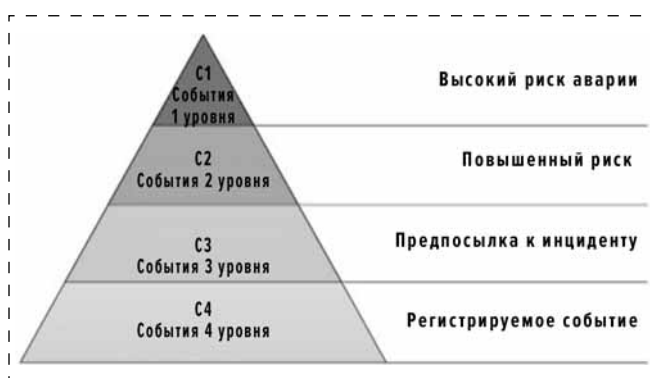


Рис. 2. Пирамида регистрируемых событий при эксплуатации опасного производственного объекта [6]



На устойчивость массива горных пород оказывают влияние такие статистические показатели, как: напряжения в массиве пород, сейсмическая энергия, воздействующая на массив горных пород, обводненность массива, крепость горных пород, трещиноватость горных пород, однородность массива, угол залегания горных пород, газоносность пород, глубина залегания, мощность пласта [7].

При этом с помощью применяемых МФСБ возможно произвести оценку профессионального риска на основе таких статистических показателей, как сейсмическая энергия и градиент напряжений, действующих в массиве горных пород.

Оценку профессионального риска предлагается проводить на основе критерия максимального правдоподобия. Данный критерий прост в вычислениях, применим для реальных производственных условий, не исключает применения других критериев [8, 9].

Результаты исследования

Математическую модель оценки профессионального риска R на основе критерия максимального правдоподобия на примере сейсмоэнергетического состояния горного массива можно представить в виде:

$$R = \begin{cases} R_{\text{доп}}, & \text{если } L(E) \geq 1 \\ R_{\text{недоп}}, & \text{если } L(E) < 1 \end{cases} \quad (1)$$

где $R_{\text{доп}}$ — допустимый риск; $R_{\text{недоп}}$ — недопустимый риск; $L(E)$ — отношение правдоподобия значений сейсмической энергии.

Отношение правдоподобия значений сейсмической энергии вычисляется по следующей формуле:

$$L_i = \frac{N_{\text{доп}}/N_{\text{общ}}}{N_{\text{недоп}}/N_{\text{общ}}}, \quad (2)$$

где $N_{\text{доп}}$ — число величин сейсмической энергии ниже порогового значения за интервал измерений; $N_{\text{недоп}}$ — число величин сейсмической энергии выше порогового значения за интервал измерений; $N_{\text{общ}}$ — общее число значений за интервал измерений.

Пусть $f(L|R_{\text{доп}})$ — плотность распределения случайной величины L для допустимого риска, а $f(L|R_{\text{недоп}})$ — плотность распределения случайной величины L для недопустимого риска. Тогда для $R_{\text{недоп}}$:

$$f_i^{\text{недоп}} = \frac{q_i}{\sum q_i}, \quad (3)$$

где q_i — число превышений порогового значения сейсмической энергии за интервал измерений; $\sum q_i$ — число превышений порогового значения сейсмической энергии за интервал усреднения.

Аналогично для $R_{\text{доп}}$:

$$f_i^{\text{доп}} = \frac{z_i}{\sum z_i}, \quad (4)$$

где z_i — число значений сейсмической энергии, не превышающих пороговое за интервал измерения; $\sum z_i$ — число значений сейсмической энергии, не превышающих пороговое за интервал усреднения.

Тогда вероятность того, что будет принято решение $R = R_{\text{доп}}$, хотя на самом деле $R = R_{\text{недоп}}$ определится интегралом:

$$\alpha = \int_1^{\infty} f(L | R_{\text{недоп}}) dL = \sum_{i=1}^n f_i^{\text{недоп}} L_i. \quad (5)$$

Аналогично, вероятность принятия решения $R = R_{\text{недоп}}$, когда верно $R = R_{\text{доп}}$, имеет вид:

$$\beta = \int_0^1 f(L | R_{\text{доп}}) dL = \sum_{i=1}^n f_i^{\text{доп}} L_i. \quad (6)$$

Соответственно, для достоверности решений $R_{\text{доп}}$ и $R_{\text{недоп}}$ получаем простые выражения:

$$R_{\text{недоп}} = 1 - \alpha; \quad R_{\text{доп}} = 1 - \beta. \quad (7)$$

Как правило, периодичность измерений составляет 10 мин, интервал усреднения 30 ч [10].

Заключение

Несмотря на тенденцию к снижению числа случаев смертельного травматизма на угольных шахтах, вследствие обрушения горных пород, их число все же остается недопустимо высоким. Это свидетельствует о том, что существует необходимость в создании эффективной модели оценки профессионального риска, обусловленного данной проблемой, и следовательно, тема данного исследования является актуальной. Вследствие все более растущей роли МФСБ в обеспечении промышленной безопасности на угольных шахтах, необходимо использовать получаемые от них данные для оценки уровня профессионального риска, вызванного обрушениями горных пород. Математическая модель на основе критерия максимального правдоподобия учитывает эти данные и требует апробации в реальных производственных условиях.

Список литературы

1. Доклад Ростехнадзора "Состояние промышленной безопасности на опасных производственных объектах уголь-

- ной промышленности". URL: <https://www.nadzor-info.ru/media/blog/51260/> (дата обращения 07.03.2019).
2. **Оценка** условий труда, профессионального риска, состояние профессиональной заболеваемости и производственного травматизма рабочих угольной промышленности / Н. П. Головкова, А. Г. Чеботарев, Н. О. Каледина, Н. А. Хелковский-Сергеев // Сборник статей "Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня". — М.: Издательство "Горная книга". — 2011. — № 7. — 940 с.
 3. **Разработка** методики оценки рисков аварий на угольных шахтах с учетом конкретных горно-геологических условий / Г. И. Коршунов, О. И. Казанин, М. Л. Рудаков, А. О. Недосекин, Е. И. Кабанов // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2017. — № 4. — С. 374—383.
 4. **ГОСТ Р 51901.1—2002.** Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем. — М.: Издательство стандартов. — 2002. — 28 с.
 5. **Бабенко А. Г., Вильгельм А. В.** О задаче оптимального проектирования multifunctionальных систем безопасности // I Международная научно-техническая кон-

- ференция "Безопасность труда и эффективность производства горнодобывающих предприятий с подземным способом разработки", г. Екатеринбург, 6—7 апреля 2016 г.: Сборник докладов. Уральский государственный горный университет. — Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. — С. 47—53.
6. **ГОСТ Р 55154—2012.** Оборудование горно-шахтное. Системы безопасности угольных шахт multifunctionальные. Общие технические требования. URL: <https://www.pogmacs.info/projects/5379/> (дата обращения 06.02.2019).
 7. **Черняк И. Л., Ярунин С. А.** Управление состоянием массива горных пород. — М.: Недра, 1995. — С. 62—64.
 8. **Ивченко Г. И., Медведев Ю. И.** Математическая статистика. М.: Высшая школа, 1984. — С. 34—36.
 9. **Левин Б. Р.** Теоретические основы статистической радиотехники. — М.: "Советское радио", 1975. — С. 57—59.
 10. **Шкурятник В. Л.** Применение метода акустической эмиссии в горном деле. URL: <http://ctcmetar.ru/volnovyeprocessy/9341-primenenie-metoda-akusticheskoy-emissii-v-gornom-dele.html/> (дата обращения 11.02.2019).

M. L. Rudakov, Prof., K. A. Kolvakh, Post-Graduate Student, e-mail: kupijersey@yandex.ru, Saint-Petersburg Mining University

About the Possibility of Using the Maximum Likelihood Criterion in Order to Assess the Occupational Risk Caused by Rock Breaks During Underground Coal Mining

The article analyzes the data on injuries caused by rock caving at industrial enterprises of Russia, which conduct underground coal mining, in order to identify the links between key statistical indicators affecting accidents and occupational risk levels. The data on the fatal injuries of coal mines in the period from 2006 to 2017, as well as the observed levels of individual risk are presented. The possibilities of the applied multifunctional security systems (MSS) are considered. The statistical indicators that have a direct impact on the stability of the rock mass are determined. The article presents a mathematical model for assessing occupational risk based on a maximum likelihood criterion.

Keywords: collapse, risk, key statistics, multifunctional safety systems, maximum likelihood criterion, coal mine, seismic energy

References

1. **The report** of Rostekhnadzor "The state of industrial safety at hazardous production facilities of the coal industry". URL: <https://www.nadzor-info.ru/media/blog/51260/> (date of access 07.03.2019).
2. **Assessment** of working conditions, occupational risk, the state of occupational morbidity and industrial injuries of coal industry workers. N. P. Golovkova, A. G. Chebotarev, N. O. Kaledin, N. A. Helkovsky-Sergeev // Sbornik articles A separate issue of the Mining Information and Analytical Bulletin. — Moscow: The Mountain Book publishing house. 2011. No. 7. P. 940.
3. **Development** of methods for assessing the risk of accidents in coal mines, taking into account the specific mining and geological conditions / G. I. Korshunov, O. I. Kazanin, M. L. Rudakov, A. O. Nedosekin, E. I. Kabanov // Mountain Information Analytical Bulletin. 2017. No. 4. P. 374—383.
4. **SSS 51901.1—2002.** Risk management. Risk analysis of technological systems. Moscow: Publishing house of standards. 2002. 28 p.
5. **Babenko A. G., Wilhelm A. V.** On the problem of optimal design of multifunctional security systems. *I International Scientific and Technical Conference "Labor Safety and Production Efficiency of Mining Enterprises with Underground Mining"*, Ekaterinburg, April 6—7, 2016 god: Collection of reports; Ural State Mining University. — Ekaterinburg: UGGU publishing house, 2016. P. 47—53.
6. **SSS 55154—2012.** Mining equipment. Coal mine safety systems are multifunctional. General technical requirements. URL: <https://www.normacs.info/projects/5379/> (date of access 06.02.2019).
7. **Chernyak I. L., Yarinin S. A.** Management of the state of the rock mass. Moscow: Nedra, 1995. P. 62—64.
8. **Ivchenko G. I., Medvedev Y. I.** Mathematical statistics. Moscow: Higher School, 1984. P. 34—36.
9. **Levin B. R.** Theoretical foundations of statistical radio engineering. Moscow: Soviet Radio, 1975. P. 57—59.
10. **Shkuratnik V. L.** The application of the acoustic emission method in mining. URL: <http://ctcmetar.ru/volnovyeprocessy/9341-primenenie-metoda-akusticheskoy-emissii-v-gornom-dele.html/> (date of access 11.02.2019).

УДК 621.039.7

К. Н. Куликов, канд. техн. наук., генеральный директор, АО "НИПТБ "Онега", Северодвинск, **С. А. Петров**, д-р техн. наук, проф., гл. науч. сотр., НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ, Санкт-Петербург, **Г. А. Родин**, д-р техн. наук, начальник отдела, e-mail: garod53@mail.ru, АО "АСМ" Санкт-Петербург

Методика формирования комплекса переработки жидких опасных отходов, образующихся на стадиях жизненного цикла кораблей и судов с ЯЭУ

Рассмотрена разработанная структура методики формирования комплекса переработки жидких опасных (радиоактивных и химически опасных) отходов, образующихся на стадиях жизненного цикла кораблей и судов с ядерными энергетическими установками (ЯЭУ). Отмечено, что методика может быть использована при разработке технологий и технических средств для переработки всех видов жидких радиоактивных отходов, а также для переработки различных жидких химически опасных отходов, в том числе и ингибиторов цистерн биологической защиты на основе хромата калия и нитрита натрия.

Ключевые слова: радиоактивные вещества, вредные химические вещества, нитрит натрия, хромат калия, жидкие опасные отходы, жидкие радиоактивные отходы, жидкие химические отходы, переработка отходов, оценка риска, суммарный индекс потенциальной опасности

Введение

Использование на кораблях и судах ядерных реакторов связано с образованием при их эксплуатации, ремонте, модернизации и утилизации жидких, газообразных (газов и аэрозолей) и твердых отходов, содержащих радиоактивные вещества (РВ) и вредные химические вещества (ВХВ). Эти отходы представляют радиационную и химическую опасность для экипажей кораблей и судов, персонала судостроительных и судоремонтных заводов, населения и окружающей природной среды.

Наибольшее количество опасных отходов различных категорий, в том числе и радиоактивных, образуется на предприятиях судоремонтной отрасли, где выполняются ремонт и утилизация кораблей и судов военно-морского флота (ВМФ).

На рис. 1 представлена структура опасных отходов, образующихся при утилизации атомных подводных лодок (ПЛА), в соответствии с классом опасности содержащихся в них вредных химических веществ [1–5].

Жидкие опасные отходы (ЖОО) представляют наибольшую потенциальную опасность для окружающей среды и персонала, для обращения



Рис. 1. Структура опасных отходов, образующихся при утилизации ПЛА. Цифрами обозначен класс опасности вредных химических веществ по ГОСТ 12.1.007–76

с которыми должны быть разработаны соответствующие технические и технологические решения, включающие также стадии их переработки (утилизации) и (или) захоронения (обезвреживания).

Опасность ЖОО обусловлена тем, что РВ и ВХВ в жидких отходах находятся в формах, обуславливающих их высокую мобильность в окружающей среде, и, в случае развития аварийных ситуаций, при попадании в водный бассейн, или в почву загрязняют значительные площади как территории (акватории) предприятий, так и прилегающие к ним территории населенных пунктов и их водоемов.

В случае аварийных ситуаций при хранении ЖОО они быстро растворяются в воде, могут попадать в акваторию, почву, грунтовые воды, мигрировать на большие расстояния. При этом даже нерастворимые в воде РВ и ВХВ могут мигрировать на большие расстояния в виде поверхностных пленок.

Структура методики формирования систем (или комплекса систем) переработки ЖОО, образующихся на стадиях жизненного цикла кораблей и судов с ЯЭУ, представлена на рис. 2.

Этап 1. Формирование основных данных о ЖОО

Анализ источников и состава ЖОО. Жидкие радиоактивные отходы (ЖРО) — ЖОО, содержащие РВ, — образуются при проведении ремонтов и утилизации кораблей с ЯЭУ и судов их

обеспечения, а также при проведении перегрузок (выгрузок) активных зон корабельных реакторов.

Жидкие химические отходы (ЖХО) — ЖОО, содержащие только ВХВ, но не содержащие РВ, — образуются при проведении ремонтов и утилизации кораблей ВМФ как с ядерной, так и с ядерной энергетикой.

Многие годы *химическому* фактору не уделялось соответствующего внимания, так как было принято считать, что радиационный фактор гораздо опаснее, чем воздействие ВХВ. Ряд работ, выполненных российскими специалистами, показал, что опасность химического загрязнения при утилизации ПЛА на 2–3 порядка выше, чем радиационного [5–9].

Определение номенклатуры и расчет количества ЖОО, содержащих опасные вещества (РВ и ВХВ), образующиеся при утилизации кораблей и судов, выполняется по следующим составляющим:

- отходы, образующиеся непосредственно при разделке кораблей (остатки рабочих сред, защитные растворы);

- отходы, образующиеся от работ предприятий при утилизации кораблей (промывочные воды, отработанные растворы химических очисток и промывок).

На рис. 3 представлены основные виды ЖРО и ЖХО, которые образуются на судоремонтных заводах при утилизации кораблей и судов ВМФ.



Рис. 2. Структура методики формирования комплекса переработки жидких опасных отходов, образующихся на стадиях жизненного цикла кораблей и судов с ЯЭУ

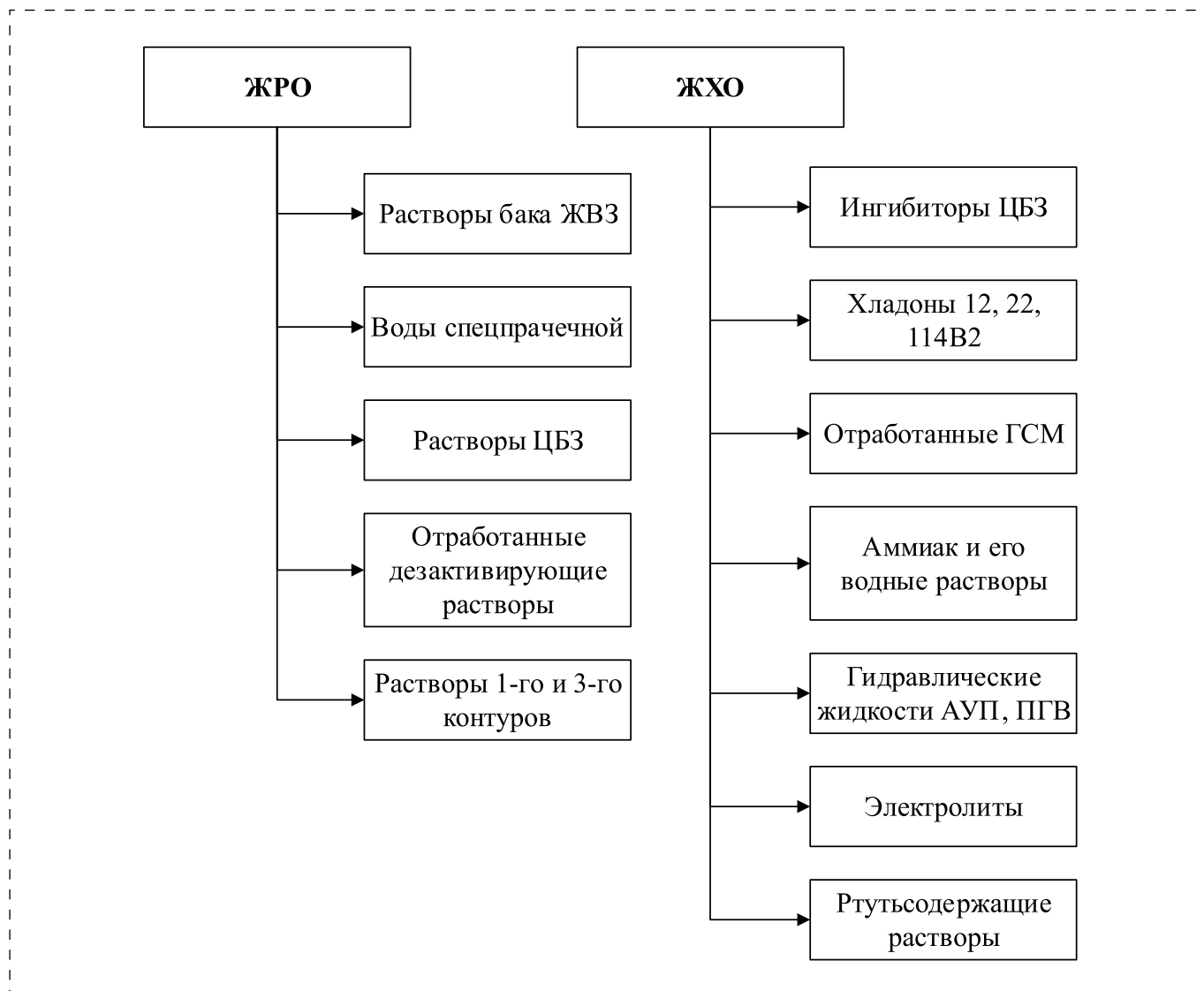


Рис. 3. Жидкие опасные отходы, образующиеся при утилизации ПЛА (ЖВЗ — железо-водная защита; ЦБЗ — цистерна биологической защиты; ГСМ — горюче-смазочные материалы; ПГВ — полиэтилен-гликоль-вода; АУП — гидравлическое масло типа АУ с присадками)

Объемы образующихся на судоремонтных предприятиях ЖОО, в основном, зависят от проекта утилизируемого корабля. На рис. 4 и 5 (см. 3-ю стр. обложки) представлены характеристики ЖРО, образующихся при ремонтах и утилизации ПЛА различных проектов [4, 10, 11], а на рис. 6 и 7 (см. 3-ю стр. обложки) данные о количестве основных ЖХО, образующихся при утилизации различных проектов кораблей с ЯЭУ и судов атомного технологического обслуживания (АТО) различных классов [10].

В соответствии с данными работ [5, 10, 13] большинство ЖХО, образующихся при утилизации и ремонтах кораблей и судов ВМФ, относятся ко 2–3-му классам опасности: гидравлическая жидкость ПГВ — 2-му классу; щелочной электролит — 2-му

классу; хладоны — 3-му классу; нефтепродукты, смазки, ГСМ — 3-му классу; растворы бихромата калия — 3-му классу; пенообразователь ПО-1 — 3-му классу. К 1-му классу опасности относятся: ингибитор ЦБЗ на основе хромата калия и нитрита натрия; сернокислотный электролит, содержащий свинец. Систематизация значительного объема статистической информации по видам накопившихся опасных отходов, отчетным классам их опасности, по агрегатному состоянию и объемам накопления, а также по условиям хранения, позволяет реализовать стратегию обращения с ЖОО, которые образуются на стадиях ЖЦ кораблей и судов с ЯЭУ и судов АТО.

Динамика образования и накопления ЖОО на стадиях жизненного цикла объектов с ЯЭУ.

Наибольшее количество экологически опасных отходов образуется на судоремонтных заводах (СРЗ), где выполняются ремонт и утилизация кораблей и судов ВМФ. На территории и в акватории СРЗ также осуществляется перегрузка (выгрузка) активных зон реакторов кораблей ВМФ. При выполнении данных технологических операций неизбежно образуются отходы различных классов опасности, в том числе радиоактивные и токсичные отходы.

К особенностям накопленных ЖОО необходимо отнести следующее: образующиеся радиоактивные отходы являются также токсичными; значительный вклад в общее количество ЖОО вносят ингибиторы ЦБЗ, количество образующихся ЖРО пропорционально объемам контуров корабельных ЯЭУ.

Анализ развития возможных аварийных ситуаций при обращении с ЖОО. Результаты исследования могут быть использованы предприятиями промышленности и организациями ВМФ при планировании мероприятий по защите персонала СРЗ и населения пунктов базирования (ремонта или утилизации) кораблей и судов для случаев возникновения и развития аварийных происшествий при обращении с радиоактивными отходами на объектах ВМФ.

Обеспечение ЯРЭБ при обращении с ЖОО. Системы и оборудование комплексов систем по обращению с ЖОО (или стендовых, или испытательных комплексов) должны в полной мере соответствовать требованиям правовой и нормативно-технической документации по обеспечению ядерной, радиационной и экологической безопасности (ЯРЭБ).

Безопасность испытаний обеспечивается комплексом конструктивных решений и организационно-технических мероприятий. В частности, внедрены: автоматическая система контроля радиационной обстановки; система оповещения персонала и населения в случае возникновения и развития радиационно опасной аварийной ситуации. Выполнение радиационного контроля, химико-технологического контроля водных и газовых сред, метрологическое обеспечение средств систем измерения в период проведения испытаний систем (комплексов систем) обращения с ЖОО. Выполнена подготовка персонала по действиям при возникновении аварийных ситуаций.

Этап 2. Исследование вариантов обращения с ЖОО

Формирование вариантов обращения с ЖОО. Учитывая тот факт, что ЖОО значительно различаются друг от друга по физико-химическим свойствам, возможным способам и стоимости

переработки, разработать и создать комплекс технических средств для утилизации всех ЖОО одновременно экономически не представляется возможным. В связи с этим целесообразно в первую очередь сконцентрировать усилия на разработке и создании технических средств переработки наиболее экологически опасных жидких отходов.

Выбор и сравнение методов и технологий переработки ЖОО. Аналитический обзор применяемых (существующих) и перспективных технологий обращения с ЖОО (ЖРО и ЖХО) выполняется с учетом результатов анализа тенденций развития технологий обращения с опасными отходами, образующимися на стадиях жизненного цикла кораблей и судов с ЯЭУ. При рассмотрении технологий обращения с ЖХО в зависимости от концентрации хроматов калия (нитрита натрия), состава сопутствующих примесей, варианта утилизации образующихся продуктов и ряда других факторов рассмотрены следующие методы: реагентные (коагуляция); ионообменные, сорбционные; электрохимические (электрокоагуляция, электродиализ); мембранные технологии (осмос, обратный осмос, электродиализ); термический и др. Проблема очистки, обезвреживания растворов, содержащих хром (Cr^{6+}), актуальна с точки зрения возврата в производство соединений хрома и представляет практический интерес с точки зрения разработки оптимальных эффективных методов и на их базе технологии и аппаратного оформления.

Проблема очистки, обезвреживания растворов ингибитора, содержащих нитрит-ион, актуальна с точки зрения возврата в производство соединений нитрита и представляет практический интерес с точки зрения разработки оптимальных эффективных методов и на их базе — технологии и подбора оборудования.

Сравнение технологий переработки ЖОО выполняется с использованием метода технико-экономического анализа вариантов систем (комплексов).

Разработка и создание систем обращения (переработки) ЖОО. Система обращения (переработки) ЖОО разрабатывается и создается, как правило, на конкурсной основе. На основании проведенных исследований обоснованы технологические решения, а также созданы и подготовлены к экспериментальной проверке опытно-промышленные и опытные установки, позволяющие перерабатывать и утилизировать наиболее экологически опасные жидкие отходы: ЖРО различного физико-химического состава; ингибиторы ЦБЗ на основе хромата калия и нитрита натрия.

Экспериментальная проверка систем переработки ЖОО. На основании данных, полученных



по результатам экспериментальной проверки установок, размещенных в АО "ЦС "Звездочка", по переработке различных ЖРО (малосолевые и смешанные ЖРО, воды ЦБЗ, растворы спецпрачечной) можно сделать вывод о том, что разработанные технологии позволяют производить очистку ЖРО, образующихся при ремонте и утилизации ПЛА, от всех присутствующих в них радиоактивных и вредных химических веществ до норм сброса очищенных вод в водоемы рыбохозяйственного, хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначений.

Результаты исследований точного состава ингибитора ЦБЗ на основе хромата калия позволяют формировать технологическую схему установки для его переработки. В результате экспериментальной переработки модельного раствора на основе хромата калия подтверждены теоретические исследования по переработке ингибитора ЦБЗ с получением солей хромата калия и дистиллята. По результатам испытаний опытного образца установки был получен влажный кристаллический хромат калия. Разработанная установка позволяет утилизировать ингибитор ЦБЗ на основе хромата калия даже в случае потери герметичности ЦБЗ и попадания внутрь солей морской воды.

Этап 3. Оценка риска обращения с ЖОО

Определение индекса токсичности ЖОО. Опасность, которую представляют для окружающей природной среды и человека вредные химические и радиоактивные вещества, можно характеризовать величиной индекса токсичности или потенциальной опасности ($Y_{\text{Оп}}$) [14–15].

Величина $Y_{\text{Оп}}$ показывает, какой объем воды может быть потенциально загрязнен при попадании в окружающую среду сбросов, содержащих химические или радиоактивные вещества, при нормальной эксплуатации или при аварии, и фактически количественно характеризует потенциальную опасность, которую отходы, технологические среды или сбросы представляют для окружающей среды.

Для ЖХО индекс токсичности рассчитывается по формуле

$$Y_{\text{Оп, ВХВ}} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i^0}{DK_i}, \quad (1)$$

где C_i^0 — концентрация i -го токсичного компонента в отходах мг/л; DK_i — предельно-допустимая концентрация этого компонента в питьевой воде, мг/л.

Для ЖРО индекс токсичности рассчитывается по формуле

$$Y_{\text{Оп, РВ}} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i^0 \exp(-\lambda t)}{10UB}, \quad (2)$$

где A_i^0 — начальная активность i -го компонента в отходах, Бк/кг (Бк/л); λ — постоянная распада, ч^{-1} ; UB — уровень вмешательства для i -го радионуклида, Бк/кг (Бк/л); t — время, прошедшее с момента образования ЖРО, ч^{-1} .

Формула (2) подразумевает, что потенциальная опасность ЖРО по мере радиоактивного распада радионуклидов будет уменьшаться [16]. Однако это имеет существенное значение в течение первого года с момента образования ЖРО. В период проведения утилизации все ПЛА выдерживаются на плаву в течение 5...10 лет. К моменту, когда ЖРО дренируются из систем, все короткоживущие радионуклиды уже распадаются.

Индекс потенциальной токсичности ЖОО рассчитывается по формуле

$$Y_{\text{Оп, жоо}} = Y_{\text{Оп, вхв}} + Y_{\text{Оп, рв}}. \quad (3)$$

В данном случае величина $Y_{\text{Оп, жоо}}$ является удобным показателем, поскольку позволяет сопоставлять потенциальную опасность как радиоактивных, так и токсичных отходов.

Безопасной для окружающей природной среды можно считать только такую очищенную воду, у которой суммарный индекс потенциальной опасности меньше единицы: $Y_{\text{Оп, жоо}} < 1$.

С помощью индекса потенциальной опасности была проведена сравнительная оценка одинаковых объемов различных видов ЖОО: малосолевых ЖРО; вод спецпрачечных; вод ЦБЗ, содержащих ингибиторы на основе хромата калия и на основе нитрита натрия; промывных, нефтесодержащих вод. Результаты оценки приведены в табл. 1. Как видно из данных, приведенных в таблице, все ЖОО имеют различные индексы потенциальной опасности. К особо опасным отходам следует отнести ЖРО и воды, содержащие хромат калия. Следует отметить, что у вод спецпрачечных индекс потенциальной опасности по ВХВ почти в 70 раз превышает индекс опасности по РВ. Высоким индексом потенциальной опасности обладают воды, содержащие нитрит натрия.

В табл. 1 представлены индексы потенциальной опасности 1 м^3 различных ЖОО. Однако на практике необходимо учитывать объемы образующихся ЖОО. Тогда суммарный индекс потенциальной опасности отходов можно рассчитать по формуле

$$Y_{\text{Оп, жоо сум}} = Y_{\text{Оп, жоо}} V, \quad (4)$$

где V — объем отходов, м^3 .

Индексы потенциальной опасности 1 м³ различных ЖОО

Наименование ЖОО	Радионуклидный и химический состав	Индексы потенциальной опасности
Малосолевые ЖРО	РВ: ¹³⁷ Cs — 70 %, ⁹⁰ Sr — 20 %, ⁶⁰ Co — 10% (1,1·10 ⁶ Бк/л) ВХВ — нет	$Y_{\text{ОП, РВ}} = 1,3 \cdot 10^4$ $Y_{\text{ОП, ВХВ}} = 0$
Воды спецпрачечных	РВ: ¹³⁷ Cs — 80 %, ⁹⁰ Sr — 20 % (550 Бк/л) ВХВ: сульфол — 160, нефтепродукты — 120, полифосфаты натрия — 2000, оксалаты — 300 мг/л	$Y_{\text{ОП, РВ}} = 42$ $Y_{\text{ОП, ВХВ}} = 2871$
Вода ЦБЗ с ингибитором на основе хромата калия	РВ: ⁴⁰ K — 100 % (450 Бк/л) ВХВ: хромат калия — 32 000 мг/л	$Y_{\text{ОП, РВ}} = 2$ $Y_{\text{ОП, ВХВ}} = 2,5 \cdot 10^5$
Вода ЦБЗ с ингибитором на основе нитрита натрия	РВ: нет ВХВ: нитрит натрия — 35 000, хлор-ионы — 500 мг/л	$Y_{\text{ОП, РВ}} = 0$ $Y_{\text{ОП, ВХВ}} = 7100$
Промывные, нефтесодержащие воды	РВ: нет ВХВ: нефтепродукты — 250, взвеси — 500	$Y_{\text{ОП, РВ}} = 0$ $Y_{\text{ОП, ВХВ}} = 840$

Суммарный индекс потенциальной опасности $Y_{\text{ОП, ЖООсум}}$ позволяет выявлять наиболее опасные отходы и определять приоритеты при разработке программ их утилизации.

Для выбора наиболее эффективных технологий утилизации ЖОО целесообразно использовать показатель уменьшения потенциальной опасности отходов в процессе переработки:

$$\Delta Y_{\text{ОП, ЖООсум}} = Y_{\text{ОП, ЖООсум.нач.}} - Y_{\text{ОП, ЖООсум.кон.}} \quad (5)$$

Оценка риска для персонала и окружающей среды. Анализ риска является составной частью управления безопасностью. Результаты анализа риска используются при экономическом анализе безопасности по критериям "стоимость — безопасность — эффективность (выгода)", оценке воздействия хозяйственной деятельности на окружающую природную среду и при других процедурах, связанных с анализом безопасности.

Общая схема анализа риска (безопасности) при обращении с ЖОО представлена на рис. 8. *Процесс проведения анализа риска* включает следующие основные этапы: идентификация опасностей; оценка риска; разработка рекомендаций по уменьшению риска. Расчет уровня риска приведен ниже (см. формулу (6)).

Основные задачи этапа идентификации опасностей — выявление и четкое описание всех источников опасностей и путей (сценариев) их реализации. При идентификации следует определить, какие виды отходов, а также элементы, технические устройства или процессы в технологической системе обращения с ними требуют более серьезного анализа, а какие представляют меньший интерес с точки зрения безопасности.

Результатом идентификации опасностей являются:

- перечень нежелательных событий;
- описание источников опасности, факторов риска, условий возникновения и развития нежелательных событий (например, сценариев возможных аварий);
- предварительные оценки опасности и риска.

Идентификация опасностей завершается выбором последующего направления деятельности. В качестве вариантов дальнейших действий может быть: решение прекратить дальнейший анализ ввиду незначительности опасностей или достаточности полученных предварительных оценок; решение о проведении более детального анализа опасностей и оценки риска; выработка предварительных рекомендаций по уменьшению опасностей.

Основные задачи этапа оценки риска связаны с определением частот возникновения инициирующих и всех нежелательных событий; оценкой последствий возникновения нежелательных событий; обобщением оценок риска.

Для определения частоты нежелательных событий рекомендуется использовать: статистические данные по аварийности и надежности технологической системы, соответствующие специфике обращения с отходами; экспертные оценки путем учета мнения специалистов в данной области.

Оценка последствий включает анализ возможных воздействий на людей, имущество и/или окружающую природную среду. Для оценки последствий необходимо оценить физические эффекты нежелательных событий (отказы, разрушение технических устройств, пожары, выбросы токсичных веществ и т. д.), уточнить объекты, которые могут быть подвергнуты опасности.

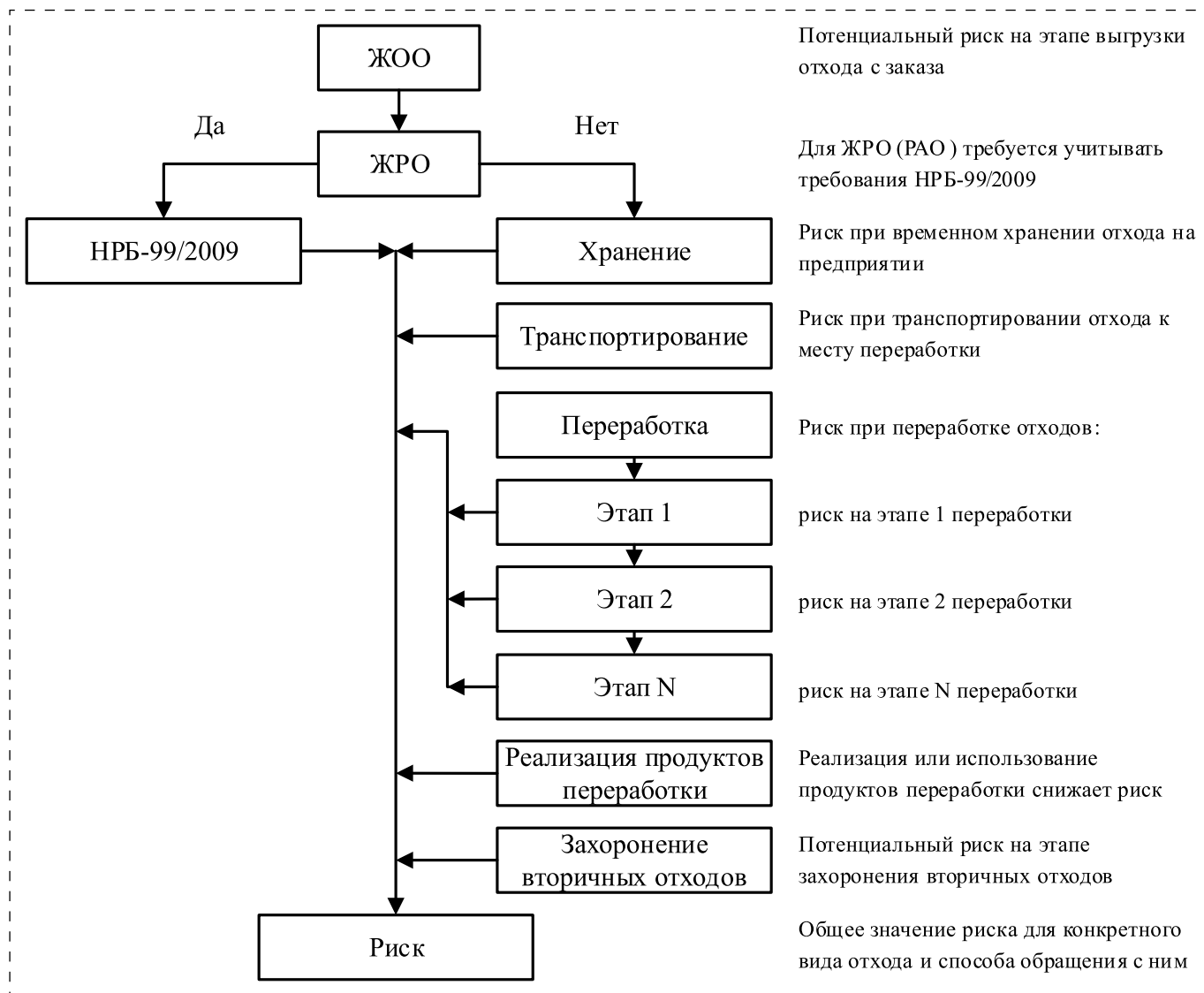


Рис. 8. Общая схема анализа риска (безопасности) при обращении с ЖОО (РАО)

Обобщенная оценка риска (или степень риска) аварий должна отражать состояние безопасности с учетом показателей риска от всех нежелательных событий, которые могут произойти в ходе обращения с отходами и основываться на результатах:

- интегрирования показателей рисков всех нежелательных событий (сценариев аварий) с учетом их взаимного влияния;

- анализа соответствия условий эксплуатации требованиям промышленной безопасности и критериям приемлемого риска.

Общая процедура проведения оценок риска включает три последовательных уровня: оценка риска уровня 1 включает анализ опасности исходных событий природного и техногенного характера, на уровне 2 оцениваются показатели риска персоналу, населению, имуществу и окружающей

природной среде в физических показателях, а на уровне 3 в экономических показателях.

В общем случае уровень риска представляется следующим образом:

$$R = \sum_{i=1}^I W_i(t) \times R_j^f(D_k, S_i, Y_m, T), \quad (6)$$

где R — уровень риска или математическое ожидание вероятности (частоты) причинения определенного ущерба физическим лицам из числа населения и персонала, юридическим лицам и окружающей среде; W_i — вероятность (частота) возникновения i -го исходного события; R_j^f — математические ожидания рисков причинения ущерба в соответствии с рассматриваемыми уровнями оценки риска ($j = 1, 2, 3$); D_k — группа

категорий потенциальных аварийных ущербов, рассматриваемых при проведении оценки риска уровня 1; S_l — группа категорий потенциальных аварийных и экологических ущербов, возникающих вследствие реализации внешних ударных нагрузок, рассматриваемых при проведении оценки риска уровня 2; Y_m — группа категорий потенциальных ущербов в экономических показателях оценки риска уровня 3; T — интервал времени, для которого оцениваются вероятностные показатели риска (обычно принимается равным 1 году); I, i — общее число и индексы учитываемых исходных событий; J, j — число рассматриваемых уровней оценки риска и их индексы; k, l, m — индексы принятых категорий потенциальных ущербов соответственно для оценки риска уровней 1, 2 и 3.

Процедура разработки рекомендаций по уменьшению риска является заключительным этапом анализа риска. В рекомендациях представляются обоснованные меры по уменьшению риска, разработанные по результатам выполненных оценок риска. Меры по уменьшению риска могут иметь технический и (или) организационный характер. В выборе меры решающее значение имеет общая оценка действенности и надежности мер, оказывающих влияние на риск, а также размер затрат на их реализацию.

В большинстве случаев первоочередными мерами обеспечения безопасности, как правило, являются меры предупреждения аварии. Выбор планируемых для внедрения мер безопасности имеет следующие приоритеты:

— *снижение вероятности возникновения аварийных ситуаций;*

— *уменьшение тяжести последствий аварии.*

Для определения приоритетности выполнения мер по уменьшению риска в условиях заданных средств или ограниченности ресурсов следует определить совокупность мер, которые могут быть реализованы при заданных объемах финансирования; ранжировать эти меры по показателю "эффективность — затраты"; обосновать и оценить эффективность предлагаемых мер.

Этап 4. Выбор вариантов переработки ЖОО

Оценка по индексу потенциальной опасности Малосолевые ЖОО. В малосолевых ЖОО наибольшую потенциальную опасность представляют РВ (до 90 %). Для предотвращения радиоактивного загрязнения оборудования установки и снижения доз облучения обслуживающего персонала на первой стадии устанавливаются фильтры предварительной очистки с селективным сорбентом марки НЖА. После этого фильтра значение $Y_{\text{оп, РВ}}$ (см. формулу (2)) снижается примерно на

порядок. После микрофльтрации и обратного осмоса значение $Y_{\text{оп, ВХВ}}$ (см. формулу (1)) уменьшается более чем в 60 раз, а $Y_{\text{оп, РВ}}$ — более чем на три порядка. Стадия озонирования за счет окисления гидразина и аммиака уменьшает значение $Y_{\text{оп, ВХВ}}$ еще в 70 раз. Суммарный индекс потенциальной опасности составляет всего 0,25, что в 4 раза ниже нормы (рис. 9) (см. 3-ю стр. обложки).

Дезактивационные и смешанные ЖОО. Технологическая схема очистки отработанных дезактивационных и смешанных ЖОО отличается от схемы переработки малосолевых ЖОО наличием второй ступени очистки БОО (БОО-2) и отсутствием угольного фильтра. Индекс потенциальной опасности этих отходов примерно в 60 раз ниже, чем у малосолевых ЖОО, но при этом их основную потенциальную опасность определяют ВХВ (до 85 %).

На стадии предварительной очистки примерно в 5 раз снижается $Y_{\text{оп, РВ}}$, на стадии микрофльтрации удаляются взвеси. После второй ступени БОО $Y_{\text{оп, ВХВ}}$ снижается на два порядка, а $Y_{\text{оп, РВ}}$ приблизительно на три порядка. На стадии озонирования разрушаются аммиак, ПАВ, комплексоны и другая органика. При этом $Y_{\text{оп, ВХВ}}$ снижается еще приблизительно в 20 раз. Стадии очистки на неорганических сорбентах и ионообменных смолах предназначены для доочистки очищенных вод по радионуклидам и солям. Суммарный $Y_{\text{оп, сум}}$ составляет 0,58 (рис. 10 — см. 3-ю стр. обложки), что приблизительно в 2 раза ниже допустимого уровня. Наибольший вклад в это значение вносят остатки в очищенной воде ПАВ, которые являются одним из основных компонентов дезактивирующих рецептур.

Технико-экономическая оценка комплексов переработки ЖОО проводилась для установки по переработке ЖОО, содержащих ингибиторы ЦБЗ на основе хромата калия, действующей в АО "ЦС "Звездочка" и спроектированной АО "НИПТБ "Онега" модульной мобильной установки переработки ингибитора ЦБЗ (в том числе с содержанием морской воды). Результаты данной оценки приведены в табл. 2.

Таблица 2

Технико-экономическая оценка комплексов переработки ЖОО

Вид ЖОО	Затраты на обезвреживание 1 м ³ , руб.	
	АО "ЦС "Звездочка"	АО "НИПТБ "Онега"
ЖОО с ингибиторами ЦБЗ на основе хромата калия	83 093	26 185



Анализ данных, представленных в таблице, показывает, что переработка ЖОО с ингибитором ЦБЗ на основе хромата калия на спроектированной АО "НИПТБ "Онега" установке оказывается экономически более предпочтительной, так как затраты почти в 3 раза ниже, чем в АО "ЦС "Звездочка". Дополнительным преимуществом установки является возможность получения от 30 до 70 кг хромата калия из 1 м³ переработанного раствора ингибитора ЦБЗ с последующей реализацией его как сырья для химической промышленности.

Модель системы хранилища данных по обращению с ЖОО. Целью создания системы хранилища данных по обращению с ЖОО является автоматизированный учет и инвентаризация ЖОО, образующихся при ремонте и утилизации кораблей и судов ВМФ [16–17].

Задачи, решаемые системой хранилища данных по обращению с ЖОО:

— автоматизация учета ЖОО на всех этапах жизненного цикла (образование, поступление из сторонней организации, размещение на хранение, изъятие из хранилища, переработка, отправка отходов переработки на хранение, сброс очищенной воды);

— автоматизация формирования отчетов о деятельности предприятия в части ЖОО;

— автоматизация инвентаризации учетных ЖОО с учетом их раздельного хранения.

Система учета обращения с ЖОО обеспечивает:

— ввод данных первичного учета объемов поступающих ЖОО непосредственно с автоматизированных рабочих мест сотрудников, осуществляющих первичный учет ЖОО;

— реализацию многоуровневой системы формирования и проверки операций с объемами ЖОО;

— возможность получения данных о наличии, объемах, химическом и радионуклидном составе ЖОО в реальном масштабе времени;

— возможность оперативного получения учетных и обобщенных данных о ЖОО (объем каждого вида ЖОО в хранилищах, принимаемые объемы каждого вида ЖОО, изменение химического и радионуклидного состава каждого вида ЖОО при приеме партии ЖОО, объемы переработки, объемы отходов при переработке и другие характеристики ЖОО).

Выбор варианта комплекса (системы) обращения с ЖОО. Выбор варианта обращения с ЖОО выполняется на основе методов комплексной оценки качества проектируемых (создаваемых) систем обращения с отходами. Приоритетным в такой оценке качества является распределение показателей на категории: назначения, технические

и экономические. Выбор предусматривает: формирование карты опроса, привлечение экспертов, применение современных компьютерных технологий при выполнении оценки качества перспективных систем обращения с отходами на этапе их проектирования, с использованием метода комплексного технико-экономического анализа.

Процедура выбора позволяет оценивать уровни качества проектируемых систем и образцов, а также обосновывать рекомендации по выбору наиболее предпочтительного варианта комплекса (системы, образца). При этом реализованные технические и технологические решения направлены на обеспечение экологической безопасности процессов обращения с отходами, а также безопасности проектируемых образцов техники при их использовании на стадиях жизненного цикла кораблей и судов с ЯЭУ.

Формирование предложений по размещению комплексов переработки ЖОО производится, как правило, при проектировании объектов, связанных с обслуживанием кораблей и судов с ЯЭУ на стадиях их жизненного цикла, а также на объектах утилизации жидких опасных отходов.

Выводы

1. При ремонте и утилизации кораблей и судов с ЯЭУ образуется большое количество опасных (радиоактивных и химически опасных) отходов. Наибольшую опасность для персонала судоремонтных предприятий, населения и окружающей природной среды представляют жидкие опасные отходы.

2. Выполнен анализ состава и количества жидких опасных отходов, образующихся при ремонтах и утилизации кораблей и судов ВМФ. Исследованы источники формирования жидких опасных отходов, динамика их образования и накопления в течение всего жизненного цикла кораблей и судов ВМФ. Проведена классификация жидких опасных отходов по классам их опасности, по агрегатному состоянию, объемам накопления, а также по условиям хранения.

3. Представлена структура методики формирования комплекса переработки жидких опасных отходов. Методика может быть использована при разработке технологий и технических средств для переработки всех видов жидких радиоактивных отходов, а также жидких нерадиоактивных отходов, содержащих ингибиторы ЦБЗ на основе хромата калия и нитрита натрия.

4. Разработанный в НИПТБ "Онега" комплекс по переработке опасных (радиоактивных и химически опасных) жидких отходов позволяет обеспечивать химическую и экологическую безопасность при ремонтах и утилизации кораблей ВМФ.

Список литературы

1. **Решение** проблем накопления и хранения РАО на предприятиях ГРЦ атомного судостроения г. Северодвинска. Возможность применения технических решений на предприятиях МАЭ и "Росэнергоатом" / Э. П. Бааль, В. Я. Калистратов, В. Р. Корб, К. Н. Куликов // Сборник трудов международной научно-практической конференции "Малая энергетика — 2002". 19—20 ноября 2002 г., г. Москва. — М.: ОАО "Малая энергетика", 2003. — 477 с.
2. **Проблемы** утилизации многоцелевых ПЛА в Северо-западном регионе России. Материалы международного семинара, 26—27 марта 2003 г., Северодвинск: ФГУП "НИПТБ "Онега", 2003.
3. **Куликов К. Н., Ляшенко А. Г., Озеров Н. М. и др.** Радиоактивные отходы. Порядок обращения в Головной организации ОАО "ЦС "Звездочка" НЯДИ.0308.00.015. Инструкция ФГУП "НИПТБ "Онега", 2005. 153 с.
4. **Куликов К. Н., Матвеев С. А., Петров С. А.** Обоснование предложений по разработке технических средств переработки жидких опасных отходов, образующихся при ремонтах и утилизации кораблей и судов ВМФ (НИР "Уклон — Онега 2009"). СПб., 1 ЦНИИ МО РФ, 2009. 177 с.
5. **Куликов К. Н., Богданов Г. А., Кукин С. Р.** Проблемы организации ремонта и модернизации ЯЭУ АПЛ второго и третьего поколений // Сборник тезисов Межотраслевой научно-технической конференции "Корабельная ядерная энергетика — ЯЭУ перспективных объектов ВМФ: требования, концепция, условия" (КЯЭ-2014): Н. Новгород — 26—27 ноября 2014 г. — С. 42—45.
6. **Данилян В. А., Высоцкий В. Л., Никитин В. С. и др.** Влияние утилизации атомных подводных лодок на экологию государственного центра атомного судостроения России. — М.: ИБРАЭ. Препринт ИБРАЭ — 2001 — 12, 2001. — 42 с.
7. **Никитин В. С.** Оценка радиационного и химического рисков утилизации ПЛА "Курск": СПб.: Судостроение, 2003. — 115 с.
8. **Васильев А. П.** Сравнение химических и радиационных рисков при утилизации ПЛА. — М.: Международный Центр по экологической безопасности Минатома России. — 2003. — 12 с.
9. **Сивинцев Ю. В., Высоцкий В. Л., Данилян В. А.** Сравнительная оценка опасности воздействия химического и радиационного факторов на персонал и население при утилизации атомных подводных лодок. — Атомная энергия, т. 95, вып. 3. — 2003. — С. 222—238.
10. **Разработка** концепции по обращению, уничтожению и окончательному захоронению токсичных отходов, образующихся при утилизации АПЛ, НК с ЯЭУ, судов АТО и реабилитации ПВХ ОЯТ и РАО в Северо-Западном регионе ЯНМИ.У0515.00.024 / В. Л. Высоцкий, А. А. Захаров, К. Н. Куликов, А. Г. Ляшенко, В. С. Никитин и др. Отчет ФГУП "НИПТБ "Онега", 2007. 257 с.
11. **Епифанов С. И., Куликов К. Н., Ляшенко А. Г.** Обеспечение выполнения перезарядки АЗ заказов в доке в условиях ОАО "ЦС "Звездочка". НЯДИ 0415.00.164. Технический отчет, уч. № 2663. ОАО "НИПТБ "Онега", 2009. 63 с.
12. **Санитарные** правила по определению класса опасности токсичных отходов производства и потребления, СП 2.1.7.1386—03. Минздрав РФ, 2003.
13. **Данные** по накоплению и образованию РАО в Северном Регионе. ФГУП НИПТБ "Онега".
14. **Охрана** окружающей среды на предприятиях атомной промышленности. Под ред. Ласкорика Б. Н. М., Энергоиздат, 1982.
15. **Челишев Н. Ф. и др.** Цеолиты — новый тип минерального сырья. М., Недра, 1987.
16. **Куликов К. Н.** Обеспечение экологической безопасности при обращении с жидкими опасными отходами, образующимися при поддержании жизненного цикла кораблей и судов ВМФ. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. СПб., 2009 г.
17. **Система** электронного документооборота "LADocs-2008" / К. Н. Куликов, И. А. Кириллов, Ю. А. Павлов, О. М. Салыкин, М. Н. Чабаненко. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ от 19.02.2009 г. № 2009611123.

K. N. Kulikov, General Director, JSC "Onega NIPTB", Severodvinsk, **S. A. Petrov**, Professor, Chief Researcher, Research Institute of Shipbuilding and Armaments of the Navy, Saint-Petersburg, **G. A. Rodin**, Head of Department, e-mail: garod53@mail.ru, JSC "ASM", Saint-Petersburg

Liquid Hazardous Waste Generated at the Stages of the Life Cycle of Ships and Vessels with Nuclear Power Plants

The structure of the method of formation of the complex processing of liquid hazardous (radioactive and chemically hazardous) waste generated at the stages of the life cycle of ships and vessels with nuclear power plants (NPS). The technique can be used in the development of technologies and technical means for the processing of all types of liquid radioactive waste, as well as for the processing of various liquid chemically hazardous waste, including inhibitors of tanks of biological protection on the basis of potassium chromate and sodium nitrite.

Keywords: radioactive substances, harmful substances, sodium nitrite, potassium chromate, liquid hazardous waste, liquid radioactive waste, liquid chemical waste, waste treatment, risk assessment, total index of potential danger



References

1. **Baal' Je. P., Kalistratov V. Ja., Korb V. R., Kulikov K. N.** Reshenie problem nakoplenija i hranenija RAO na predpriyatijah GRC atomnogo sudostroenija g. Severodvinska. Vozmozhnost' primenenija tehniceskikh reshenij na predprija-tijah MAJe i "Rosjenergoatom". Sbornik trudov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii "Malaja jenergetika — 2002". 19–20 nojabrja 2002 g., g. Moskva. — Moscow: OAO "Malaja jenergetika", 2003. — 477 s. ISBN 5-9900048-2-6, 15 p.
2. **Problemy** utilizacii mnogocelevykh PLA v Severo-zapadnom regione Rossii. Materialy mezhdunarodnogo seminaru ISBN 5-7723-0368-6, 26–27 marta 2003 g., FGUP "NIPTB "Onega", g. Severodvinsk, 2003.
3. **Kulikov K. N., Ljashenko A. G., Ozerov N. M. i dr.** Radioaktivnye othody. Porjadok obrashhenija v Golovnoj organizacii OAO "CS "Zvjozdochka" NJa-DI.0308.00.015. Instrukcija FGUP "NIPTB "Onega", 2005 g., 153 p.
4. **Kulikov K. N., Matveev S. A., Petrov S. A.** Obosnovanie predlozhenij po razrabotke tehniceskikh sredstv pererabotki zhidkikh opasnykh othodov, obra-zujushhishja pri remontah i utilizacii korablej i sudov VMF (NIR "Uklon — Onega 2009"). Saint-Petersbirg, I CNII MO RF, 2009 g., 177 p.
5. **Kulikov K. N., Bogdanov G. A., Kukin S. R.** Problemy organizacii remonta i modernizacii JaJeU APL vtorogo i tret'ego pokolenij. *Sbornik tezisev Mezhotraslevoj nauchno-tehniceskoi konferencii "Korabel'naja jadernaja jenergetika — JaJeU perspektivnykh ob"ektov VMF: trebovanija, koncepcija, uslovija"* (KJaJe—2014): Nizhnij Novgorod, 26–27 nojabrja 2014 g. P. 42–45.
6. **Daniljan V. A., Vysockij V. L., Nikitin V. S. i dr.** Vlijanie utilizacii atomnykh podvodnykh lodok na jekologiju gosudarstvennogo centra atomnogo sudostroenija Rossii. Moscow: IBRAJe. Preprint IBRAE, 2001. 12, 2001. 42 p.
7. **Nikitin B. C.** Ocenka radiacionnogo i himicheskogo riskov utilizacii PLA "Kursk": Saint-Petersburg: Sudostroenie, 2003. — 115 p.
8. **Vasil'ev A. P.** Sravnenie himicheskikh i radiacionnykh riskov pri utilizacii PLA. Moscow: Mezhdunarodnyj Centr po jekologicheskoj bezopasnosti Minatoma Rossii. — 2003. — 12 p.
9. **Sivincev Ju. V., Vysockij V. L., Daniljan V. A.** Sravnitel'naja ocenka opasnosti vozdejstvija himicheskogo i radiacionnogo faktorov na personal i naselenie pri utilizacii atomnykh podvodnykh lodok. *Atomnaja jenergija*. 2003. T. 95. Vyp. 3. P. 222–238.
10. **Razrabotka** koncepcii po obrashheniju, unichtozheniju i okonchatel'nomu zahoroneniju toksichnykh othodov, obrazujushhishja pri utilizacii APL, NK s JaJeU, sudov ATO i rehabilitacii PVH OJaT i RAO v Severo-Zapadnom regione JaNMI. U0515.00.024 / V. L. Vysockij, A. A. Zaharov, K. N. Kulikov, A. G. Ljashenko, V. S. Nikitin i dr. Otchjot FGUP "NIPTB "Onega", 2007 g. 257 p.
11. **Epifanov S. I., Kulikov K. N., Ljashenko A. G.** Obespechenie vypolnenija perezarjadki AZ zakazov v doke v uslovijah OAO "CS "Zvjozdochka". NJaDI 0415.00.164. Tehniceskij otchjot, uch. # 2663. OAO "NIPTB "Onega", 2009 g. 63 p.
12. **Sanitarnye** pravila po opredeleniju klassa opasnosti toksichnykh othodov proizvodstva i potreblenija, SP 2.1.7.1386—03. Minzdrav RF, 2003.
13. **Dannye** po nakopleniju i obrazovaniju RAO v Severnom Regione. FGUP NIPTB "Onega".
14. **Ohrana** okruzhajushhej sredy na predpriyatijah atomnoj promyshlennosti. Pod red. Laskorika B. N. Moscow: Jenergoizdat, 1982.
15. **Chelishhev N. F. i dr.** Ceolity — novyj tip mineral'nogo syr'ja. Moscow: Nedra, 1987.
16. **Kulikov K. N.** Obespechenie jekologicheskoj bezopasnosti pri obrashhenii s zhidkimi opasnymi othodami, obrazujushhimisja pri podderzhanii zhiznennogo cikla korablej i sudov VMF. Dissertacija na soiskanie uchjonoj stepeni k. t. n. SPb., 2009 g.
17. **Sistema** jelektronnogo dokumentooborota "LADocs—2008" / K. N. Kulikov, I. A. Kirillov, Ju. A. Pavlov, O. M. Salykin, M. N. Chabanenko. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM ot 19.02.2009 g. No. 2009611123.

Информация

**Продолжается подписка на журнал
"Безопасность жизнедеятельности" на второе полугодие 2019 г.**

Оформить подписку можно в любом почтовом отделении,
через подписные агентства или непосредственно в редакции журнала

**Подписной индекс по Объединенному каталогу
"Пресса России" — 79963**

Адрес редакции: 107076, Москва, Стромьинский пер., д. 4,
Издательство "Новые технологии",
редакция журнала "Безопасность жизнедеятельности"

Тел.: (499) 269-53-97, (499) 269-55-10. E-mail: bjd@novtex.ru

УДК 629.039.58

Е. А. Андреев, преп., e-mail: evgeny.979@mail.ru, **А. С. Орлов**, канд. техн. наук, преп., **Г. В. Косьмин**, ст. преп., Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского, Санкт-Петербург

Определение остаточного ресурса технических систем на примере электроустановок

Проведен краткий анализ механизмов износа электрооборудования и причин аварийных режимов работы электроустановок. Предложен методы прогнозирования износа электроустановок, которые позволяют определить коэффициент остаточного ресурса каждого элемента электроустановки.

Ключевые слова: электроустановка, технические системы, коэффициент технического ресурса, травматизм

Введение

Проблема безопасности эксплуатации технических систем относится к числу приоритетных, требующих постоянного контроля и рассмотрения на всех стадиях жизненного цикла: при проектировании, производстве, монтаже и эксплуатации. При этом опасность поражения электрическим током является одним из главных опасных факторов на производстве. Статистические данные показывают, что на долю электротравм приходится около 20 % всех травм, полученных на производстве. В связи с этим повышение уровня электробезопасности является одной из главных задач при эксплуатации технических систем.

Существенный износ питающих электрических сетей, коммутационных аппаратов, отсутствие или неисправность электроизмерительных приборов и электрозащитных средств являются основными причинами возникновения аварийных режимов работы электроустановок (ЭУ). Такие понятия как надежность и безопасность являются взаимосвязанными, так как высокая надежность объекта определяет и высокий уровень его безопасности. Однако следует понимать, что надежность ЭУ, например питающей кабельной линии, предполагает выполнение свойственных ей функций (обеспечения передачи и потребления электрической энергии), тогда как безопасность ЭУ связывают с вероятностью нанесения ущерба человеку и среде его обитания. Поэтому износ электроустановок будем рассматривать как показатель, характеризующий надежность и безопасность.

Проблемы электробезопасности и пути их решения

Эксплуатация электроустановок сверх нормативного срока и недостаточное финансирование промышленности приводит к неудовлетворительному

техническому состоянию электроустановок потребителя, что связано с физическим и моральным старением ЭУ и соответственно с увеличением количества оборудования, отработавшего свой нормативный ресурс. В настоящее время в электроэнергетике для поддержания требуемого технического состояния электроустановок применяют систему планово-предупредительного ремонта (ППР), которая не в полной мере обеспечивает принятие оптимальных решений. Это объясняется тем, что техническое обслуживание и ремонт (ТОиР) осуществляются без учета фактического технического состояния электроустановок. Планы-графики ППР не устанавливают приоритета вывода в ремонт ЭУ. Не учитываются технические, материальные, временные, трудовые ограничения, не предусматривается рациональное управление процессом эксплуатации [1]. Все это приводит к росту числа отказов ЭУ вследствие износа и к увеличению возникновения аварийных режимов работы ЭУ. Поэтому без учета технического состояния, определяемого методами технической диагностики, нельзя обеспечить безопасную эксплуатацию ЭУ при существующей системе ТОиР.

В таблице приведена классификация механизмов и видов износа электроустановок [2]. Приведенные механизмы износа являются общими для любой технической системы и могут быть использованы для описания физических процессов старения и износа ЭУ.

В основе 1-го и 2-го вида износа лежит концепция термодинамического подхода, согласно которой поверхностный слой материала, подвергающегося внешней нагрузке, может рассматриваться как открытая термодинамическая система, способная обмениваться энергией и веществом с окружающей средой. В этом случае параметрами энергетических моделей являются



Механизмы и виды износа электроустановок в процессе эксплуатации

№ п/п	Механизмы износа	Удельный вес, %	Вид износа
1	Механические	50	Термодинамический
2	Абразивные	2	Энергетический
3	Эрозийные	5	Кинетический
4	Окислительные	20	Металлофизический
5	Усталостные	8	Эмпирический
6	Коррозийные	15	Синергетический

термодинамические характеристики материала поверхностного слоя (энергия, энтропия, время и температура).

Для определения технического состояния ЭУ проводят ее испытания и измерения диагностических параметров, на основе которых составляют:

— протокол визуального обследования электроустановки (проводится для определения соответствия Правилам устройства электроустановок);

— протокол металловязи (проводится для проверки наличия и измерения параметров цепи от заземлителей к заземленным элементам установки);

— протокол замеров сопротивления изоляции кабелей, аппаратов, проводов;

— протокол измерения цепи "фаза нуль";

— протокол проверок автоматических выключателей;

— протокол проверки характеристик срабатывания УЗО;

— протокол проверок сопротивления заземлителей и заземляющих устройств [3].

Формирование данных документов в части безопасной эксплуатации ЭУ определены Правилами устройства электроустановок и Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей. Это позволяет дать объективную оценку состоянию электроустановок.

Одним из приоритетных направлений для обеспечения безопасной эксплуатации ЭУ является определение остаточного ресурса элементов электрооборудования, которое может осуществляться различными методами прогнозирования. По мнению авторов, оптимальными в этом случае являются методы линейного и многоступенчатого линейного прогнозирования. Для сравнения технического остаточного ресурса элементов диагностируемого оборудования электроустановки можно пользоваться понятием коэффициента остаточного технического ресурса $k_{ост}$. Для диагностических параметров, значения которых увеличиваются в процессе эксплуатации,

коэффициент остаточного технического ресурса вычисляется по формуле

$$k_{ост} = \frac{(P_{п} - P_{и})}{(P_{п} - P_{н})}, \quad (1)$$

где $P_{п}$ — значение предельного параметра; $P_{и}$ — значение измеренного параметра; $P_{н}$ — значение начального параметра.

Если в процессе эксплуатации диагностическое значение уменьшается, то коэффициент остаточного технического ресурса вычисляется по формуле

$$k_{ост} = \frac{(P_{и} - P_{п})}{(P_{и} - P_{н})}. \quad (2)$$

Для нового элемента электроустановки $k_{ост} = 1$, а для элемента электроустановки, полностью исчерпавшей технической ресурс, $k_{ост} = 0$.

Для применения линейного метода прогнозирования необходимо иметь данные о наработке ЭУ с начала эксплуатации до момента диагностирования, а также иметь численные значения предельных и начальных диагностических параметров.

Остаточный ресурс объекта диагностирования вычисляем по формуле

$$t_{ост} = \frac{tk_{ост}}{1 - k_{ост}}, \quad (3)$$

где t — наработка от начала эксплуатации, ч.

Метод многоступенчатого линейного прогнозирования базируется на данных измерений, проводимых при систематических диагностированиях через определенные промежутки времени. Метод позволяет определить гарантированный ресурс времени безотказной работы элементов электрооборудования

$$k_{гар} = \frac{(P_{п} - P_{и})}{(P_{и} - P_{и-1})} t_0 k_0, \quad (4)$$

где $t_{гар}$ — время безотказной работы элементов электрооборудования; $P_{и-1}$ — значение измеренного параметра при предыдущем диагностировании;

t_0 — период между данным и предыдущим диагностированием;

k_0 — корректирующий коэффициент.

Значение корректирующего коэффициента принимается в зависимости от характера изменения диагностического параметра во времени. Если параметр изменяется по увеличивающейся криволинейной зависимости с убывающей интенсивностью, то величина $k_0 = 1$. Если параметр изменяется по увеличивающейся криволинейной зависимости

с возрастающей интенсивностью, то величина $k_0 = \Pi_{\text{и}} - 1/\Pi_{\text{и}}$. В случае уменьшения диагностического параметра с возрастающей интенсивностью

$$k_0 = \frac{(\Pi_{\text{нач}} - \Pi_{\text{п}} + \Pi_{\text{и-1}})}{\Pi_{\text{нач}}}, \quad (5)$$

где $\Pi_{\text{нач}}$ — значение начального диагностического параметра.

Каждый элемент электрооборудования (изоляция, контакты, источник освещения, подшипники и т. п.) можно характеризовать одним диагностическим параметром, который определенным образом изменяется во времени. Следовательно, ресурс необходимо вычислять для каждого элемента в отдельности, используя ранжирование приоритетов диагностического параметра ЭУ [4].

Под исходными значениями измеряемых параметров следует понимать значения, указанные в паспортах и протоколах заводских испытаний. При отсутствии таких значений в качестве исходных могут быть приняты значения параметров, полученные при приемосдаточных испытаниях или испытаниях по окончании восстановительного ремонта электрооборудования.

Заключение

Делая вывод о пригодности дальнейшей эксплуатации электроустановки необходимо

полагаться не только на сравнения полученных результатов испытания с нормативными значениями, но и на совокупность результатов всех проведенных осмотров и расчетов. Значения параметров, полученные при проведенных расчетах, необходимо сопоставлять с исходными данными, а также с результатами предыдущих испытаний. Проведение данного комплекса мероприятий дает полное представление о техническом состоянии ЭУ и возможность заблаговременно спланировать вывод ЭУ в резерв с проведением последующих технических мероприятий, что позволит снизить количество аварийных режимов и уменьшить число электротравм при эксплуатации технических систем.

Список литературы

1. **Назарычев А. Н.** Методы и модели оптимизации ремонта электрооборудования объектов энергетики с учетом технического состояния. Иваново: Иван. гос. энерг. ун-т, 2002. — 168 с.
2. **Окладникова Е. Н., Сугак Е. В.** Оптимизация техногенных рисков // Современные методы математического моделирования природных и антропогенных катастроф: Тезисы IX Всероссийской конференции (17–22 сентября 2007 г., Барнаул). — Барнаул: Издательство Алтайского университета, 2007. — С. 84–90.
3. **Правила** устройства электроустановок (ПУЭ / 7-е изд.). — СПб.: Изд. ДЕАН, 2002. — 176 с.
4. **Таран В. П.** Диагностирование электрооборудования. — Киев: Техника, 1983. — 200 с.

E. A. Andreev, Lecturer, e-mail: evgeny.979@mail.ru, **A. S. Orlov**, Lecturer, **G. V. Kosmin**, Senior Lecturer, Military Space Academy name after A. F. Mozhaiskij, Saint-Petersburg

Determination of Residual Life of Technical Systems on the Example of Electrical Installations

The article deals with the main problems of electrical safety in the operation of complex technical systems. A brief analysis of the mechanisms of wear of electrical equipment and the causes of emergency modes of electrical installations. The methods of predicting the technical condition of electrical installations, which allow to determine the coefficient of residual life of each element of the electrical installation.

Keywords: electrical installation, complex technical systems, coefficient of technical resource, injury

References

1. **Nazarychev A. N.** Methods and models of optimization of repair of electrical power facilities, taking into account the technical condition. Ivanovo: Ivanovskij State Energy. University. 2002. 168 p.
2. **Okladnikova E. N., Sugak E. V.** Optimization of technogenic risks. *Modern methods of mathematical modeling of natural and anthropogenic disasters*: Thesis All-Russian Conference. Barnaul, 2007. P. 84–90.
3. **Regulations** for electrical installation (PUE / 7-e Izd.). Saint-Petersburg: Ed. DEAN, 2002. 176 p.
4. **Taran V. P.** Diagnosis of electrical equipment. Kiev: Technique, 1983. 200 p.

УДК 658/562:621.396:681.5

А. Н. Бочкарев, проф., e-mail: markvort@mail.ru, Московский государственный технический университет гражданской авиации

Современные требования по противопожарному обеспечению воздушных судов на гражданских аэродромах

Рассмотрены современные требования пожарной безопасности на гражданских аэродромах. Приведены основы организации противопожарного обеспечения аэродромов и воздушных судов, раскрывается состав и алгоритм действий Службы поискового и аварийно-спасательного обеспечения полетов. Показано примерное оснащение базовой аварийно-спасательной станции и стартовых аварийно-спасательных станций. Приведены сведения о времени развертывания пожарных автомобилей в контрольных точках.

Ключевые слова: безопасность полетов, предотвращение рисков, требования пожарной безопасности на аэродромах

Аэродромы гражданской авиации, особенно такие их элементы, как места стоянок самолетов и сами воздушные суда, являются пожароопасными объектами, поэтому на них силами и средствами аэропорта, авиапредприятия осуществляется непрерывная пожарная охрана. В каждом аэропорту имеется специальное пожарное подразделение, оснащенное современными средствами для ликвидации пожара. Особенно опасен пожар на самолете, поэтому разработаны соответствующие требования и инструкции по пожарной безопасности при обеспечении полетов воздушных судов, подлежащие неукоснительному выполнению всеми лицами, находящимися на территории аэродрома.

Противопожарное обеспечение полетов воздушных судов (ВС) включает несколько важнейших направлений, и в первую очередь:

1. Противопожарное обеспечение непосредственно гражданских воздушных судов.

2. Противопожарное обеспечение гражданских аэродромов, при наземном обслуживании ВС.

Проведенный анализ нормативных документов и специальной литературы показывает, что современной организации инженерно-технического обеспечения, методам и средствам противопожарного обеспечения ВС при наземном обслуживании на гражданских аэродромах должно уделяться самое пристальное внимание [1–3]. В зависимости от количества взлетов—посадок, от линейных размеров и типов ВС, которые может принимать аэропорт, от степени готовности аварийно-спасательных подразделений и их оснащенности, каждому аэропорту присваивается

соответствующий уровень требуемой противопожарной защиты (УТПЗ). Категории аэропорта по УТПЗ представлены в табл. 1. В соответствии с требованиями международной организации гражданской авиации (ИКАО) за расчетный параметр принимается площадь практической критической зоны, которая связана с линейными размерами пассажирского самолета [1].

Все практическое противопожарное обслуживание ВС на аэродромах возложено на Службу поискового и аварийно-спасательного обеспечения полетов (СПАСОП). При этом численный состав СПАСОП, количество техники и огнетушащих средств должны соответствовать категории аэропорта.

Аварийно-спасательные команды (АСК) СПАСОП в аэропорту состоят, как правило, из сменных аварийно-спасательных команд, основной задачей которых является спасание пассажиров и членов экипажей, ценного оборудования и груза, а также авиационной техники при

Таблица 1

Категории аэропорта по УТПЗ

Категория аэропорта по УТПЗ	Длина самолета, м	Категория аэропорта по УТПЗ	Длина самолета, м
1	0...9	6	28...39
2	9...12	7	39...49
3	12...18	8	49...61
4	19...24	9	61...76
5	24...28	—	—

авиационных происшествиях, проведение аварийно-спасательных работ при возникновении чрезвычайных ситуаций на объектах аэродрома.

В состав сменных аварийно-спасательных команд входят штатные и внештатные расчеты структурных подразделений аэропорта и других организаций, обеспечивающих производственную деятельность в аэропорту. Штатные расчеты сменной АСК состоят из начальника команды — руководителя тушения пожара и сменных пожарно-спасательных расчетов (ПСР), общей численностью 48—120 человек личного состава по 12—25 человек в смену. Задачами аэропортов 6-й и 9-й категории по УТПЗ являются:

- обеспечение спасания пассажиров и членов экипажа при авиационных происшествиях и тушение возникших при этом пожаров;
- обеспечение пожарной безопасности при эвакуации ВС;
- осуществление в составе наземной поисково-спасательной группы (НПСГ) наземного поиска потерпевшего бедствие ВС и проведение аварийно-спасательных работ;
- противопожарное обеспечение, спасание людей и тушение пожаров на наземных объектах аэропорта;
- проведение аварийно-спасательных работ при возникновении других видов чрезвычайных ситуаций на территории аэропорта.

Пожарная техника, аварийно-спасательное оборудование, пожарно-техническое вооружение и личный состав пожарно-спасательных расчетов (ПСР) должны дислоцироваться на аварийно-спасательных станциях (АСС) в состоянии постоянной готовности.

На вооружении ведомственной пожарной охраны СПАСОП аэропорта 6-й категории по УТПЗ должна иметься, например, пожарная и аварийно-спасательная техника, перечисленная в табл. 2.

Численность личного состава СПАСОП для организации круглосуточной работы в аэропорте 9-й категории по УТПЗ, как правило, должна составлять 100—120 человек, в том числе сменные пожарно-спасательные расчеты, включающие 25—30 человек в каждую дежурную смену

(с учетом спасателей, находящихся в очередных и учебных отпусках, больных, откомандированных по распоряжениям командования).

В аэропорте 9-й категории по УТПЗ на аэродроме должны находиться: базовая аварийно-спасательная станция (БАСС) и две-три стартовые аварийно-спасательные станции (САСС). Для наблюдения за взлетом и посадкой ВС на САСС-1 должен иметься наблюдательный пункт, а на САСС-2 или САСС-3 — резервный наблюдательный пункт.

Схема размещения пожарных автомобилей разрабатывается исходя из нормативов времени прибытия первого расчета для тушения возможного пожара на ВС (3 мин согласно отечественным нормативам и 2 мин согласно рекомендациям ИКАО).

В случае, когда взлетно-посадочным полосам (далее ВПП) ВПП-1 и ВПП-2 присвоена 9-я категория по УТПЗ, предусматривается наличие минимального количества огнетушащих составов (ОТС) в объеме 41 000 кг, в том числе пенообразователя — 2870 л. Пенообразователь должен находиться в пожарных автомобилях и доставляться на них, в случае необходимости, к месту пожара за 2...3 мин. При этом интенсивность подачи ОТС должна составлять не менее 226 л/с, а число прибывающих пожарных автомобилей должно быть не менее 5. Первый пожарный автомобиль должен прибыть к месту пожара не позднее 2...3 мин с момента получения сообщения о возгорании.

В настоящее время на вооружении СПАСОП в крупных аэропортах имеются современные пожарные автомобили, заправленные пенообразователями общего (например, ПОБ-НСВ) и целевого (например, ПОБ-А3F) назначения.

Следует отметить, что установки углекислотного пожаротушения на всех аэродромных пожарных автомобилях имеют суммарное количество огнетушащего состава (CO_2) — 990 кг; установки порошкового пожаротушения имеют общую массу заряда порошком, равную 350 кг.

Если рассматривать аэродром 9-й категории по УТПЗ, то ежедневно на летном поле на дежурстве должны находиться шесть пожарных автомобилей

Таблица 2

Суммарное количество сил и средств, необходимых для аэропорта 6-й категории по УТПЗ

№ п/п	Тип автомобиля	Место базирования	Количество воды, л	Количество пенообразователя, л
1	АА-60 (7313)	АСС	12 000	900
2	АА-8,0 (30-60)	АСС	7500	500
3	АА-8,0 (30-60)	АСС	7500	500
4	АЦ-40	АСС	7500	500
5	УАЗ-3909	АСС	—	—



Таблица 3

Время развертывания сил и средств для аэропорта 9-й категории по УТПЗ (на концах взлетно-посадочных полос)

Тип пожарного автомобиля	Место базирования	ВПП-1 (время, с / длина, м)	ВПП-2 (время, с / длина, м)
Buffalo	БАСС	94/600	110/900
Kronenburg	САСС-1	216/3100	239/3500
Panther	САСС-1	210/3100	230/3500
Buffalo	САСС-2	195/3100	221/3500
Buffalo	САСС-2	144/1500	130/1200
Количество ОТС, вывозимое пожарными автомобилями, л (ежедневно на дежурстве находится 5–6 ПА)		62 800	62 800
Суммарная производительность подачи ОТС, л/с		300	300
Численность личного состава пожарно-спасательного расчета (далее ПСР), чел.		25	25

(с учетом резервного) с соответствующим количеством огнетушащих составов. На БАСС, кроме того, должен находиться топливозаправщик на шасси, например, КРАЗ ТЗ-16, специально переоборудованный для нанесения пенной полосы на ВПП в случае аварийной посадки ВС с убранной передней опорой шасси или с полностью убранными шасси. Пенная полоса наносится на ВПП с помощью КРАЗ ТЗ-16, оснащенного устройством для покрытия ВПП пеной (УПП). Пенная полоса устанавливается по оси ВПП на расстоянии от начала ВПП, согласованном с командиром аварийного ВС. С исходной позиции КРАЗ ТЗ-16 УПП двигается (при работающей установке) вдоль оси ВПП на расстояние 600 м со скоростью 5...6 км/ч. При таком режиме движения образуется пенная полоса длиной 600 м, шириной не менее 12 м и толщиной 10...8 см.

На БАСС должен иметься также необходимый резерв пенообразователя, который выдается по первому требованию руководителя тушения пожара. На складах СПАСОП находится резервное количество пожарно-технического вооружения, аварийно-спасательного оборудования и снаряжения.

Расчет сил и средств для тушения пожаров на ВС включает определение:

— количества пожарных автомобилей, осуществляющих противопожарное обеспечение полетов с использованием данной ВПП;

— суммарного количества огнетушащих составов, вывозимых пожарными автомобилями (вода и пенообразователь);

— суммарной производительности подачи ОТС, подаваемых лафетными стволами пожарных автомобилей.

При этом расчет указанных характеристик производится только для пожарных автомобилей, имеющих время развертывания в любой точке ВПП, не превышающее нормативного международного по документам ИКАО и отечественного (120...180 с для первого пожарного автомобиля (ПА) и 240 с для последующих пожарных автомобилей).

В качестве примера данные по фактическому времени развертывания пожарных автомобилей, осуществляющих противопожарное обеспечение на ВПП-1 и ВПП-2 аэродрома, а также количество огнетушащих составов, вывозимых пожарными автомобилями, суммарная производительность подачи ОТС и численность личного состава дежурного расчета представлены в табл. 3 и 4.

В соответствии с требованиями для аэропорта 9-й категории по УТПЗ на дежурные расчеты возлагается задача первичного тактического подразделения, обеспечивающего подачу ОТС на тушение ВС, в количестве не менее 41 т.

В конкретных условиях аварийной посадки ВС ответственное должностное лицо СПАСОП немедленно вызывает дополнительные

Таблица 4

Нормативные значения показателей для аэропорта 9-й категории по УТПЗ

Число ПА, не менее	Количество ОТС		Суммарная производительность подачи, л/с, не менее	Численность ПСР, чел., не менее
	Всего, л, не менее	В том числе пенообразователя, л, не менее		
5	41 000	2870	226	20

силы в соответствии с указанием руководителя аварийно-спасательных работ или начальника пожарно-спасательной команды СПАСОП.

Только постоянная мобилизационная готовность, самая тщательная организация работы по обеспечению пожарной безопасности на воздушном транспорте, а также непрерывная инженерно-техническая подготовка дежурных расчетов пожарных и спасателей СПАСОП, оснащение их всеми необходимыми современными техническими ресурсами позволит предотвратить возможные пожары на ВС и на аэродромах, тем

самым спасти жизни людей и дорогостоящую технику.

Список литературы

1. **Руководство** по аэропортовым службам. Часть 1. Спасание и борьба с пожаром. Doc 9137-AN 898. ICAO, 2015.
2. **Пожарные риски.** Динамика, управление, прогнозирование / Под ред. Н. Н. Брушлинского, Ю. Н. Шебеко. — М.: ФГУ ВНИИПО, 2007. — 370 с.
3. **Пожары** и пожарная безопасность в 2008 г.: Статистический сборник / Под общей редакцией Н. П. Копылова. — М.: ВНИИПО, 2009. — 137 с.

A. N. Bochkarev, Professor, e-mail: markvort@mail.ru, Moscow State Technical University of Civil Aviation

Modern Requirements for Fire Protection of Aircraft at Civil Airfields

The article considers the modern requirements of fire safety at public airports. The fundamentals of the organization of anti-hot provision of airfields and aircraft, reveals the composition and algorithm of the Search and rescue service of the field. The approximate equipment of the basic rescue station and the starting rescue stations is shown. The information about the time of deployment of fire trucks in the control points.

Keywords: flight safety, risk prevention, fire safety requirements at airfields

References

1. **Guide** to airport services. Part 1. Rescue and fire fighting. Doc 9137-AN 898. ICAO, 2015.

2. **Fire risks.** Dynamics, management, forecasting / Edited by N. N. Brushlinsky, Yu. N. Shebeko. Moscow: FGU VNI-IPO, 2007. 370 p.
3. **Fire** and fire safety in 2008: Statistical compilation / Edited by N. P. Kopylov. Moscow: VNIPO, 2009. 137 p.



Sfitex

**28-я Международная выставка
технических средств охраны и оборудования
для обеспечения безопасности
и противопожарной защиты**

12—14 ноября 2019. Санкт-Петербург. ВК "Ленэкспо"

Разделы выставки:

- Системы пожаротушения и огнезащиты
- Оборудование и компоненты для охранно-пожарной сигнализации
- Системы видеонаблюдения
- Системы контроля и управления доступом

Подробности: <https://sfitex.ru>



УДК 614.844.4

А. А. Сперанский, ст. науч. сотр., e-mail: speranskiy49@bk.ru, **Д. А. Лобов**, начальник отдела, **С. В. Мамагин**, ст. науч. сотр., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Определение огнетушащей эффективности азота при возгорании литий-ионных аккумуляторов

Рассмотрены задача тушения литий-ионных аккумуляторов в целях снижения температуры и локализации очага горения на время, достаточное для прекращения термохимической реакции, а также задача поддержания в замкнутом объеме, в котором размещены аккумуляторы, инертной газовой среды, исключающей возгорание газов, выходящих из поврежденного корпуса аккумулятора. Для предотвращения возгорания, а также тушения и локализации очага горения предложено использование газообразного азота.

Приведены результаты экспериментальных исследований по определению минимальной огнетушащей концентрации азота и концентрации кислорода в защищаемом объеме помещения, при которых обеспечивается тушение литий-ионных аккумуляторов. Определена концентрация кислорода в воздушной среде с избыточным содержанием азота, исключающая возникновение очага горения литий-ионных аккумуляторов.

Ключевые слова: азот, огнетушащая эффективность, установка пожаротушения, литий-ионный аккумулятор, инертзация

Литий-ионные (Li-ion) аккумуляторы широко распространены в современной бытовой электронной технике и находят свое применение в качестве источника энергии на транспорте и накопителях энергии в энергетических системах.

Популярность литий-ионных батарей объясняется очень большой емкостью на единицу объема и массы, т. е. при заданной мощности они меньше и легче прочих типов аккумуляторов. Кроме того, литий-ионные батареи не имеют "эффекта памяти" и их не надо полностью разряжать до конца перед перезарядкой. Однако в последнее время участились случаи возгорания данного вида батарей в ноутбуках и мобильных телефонах и некоторых других технических средствах.

Пожароопасность литий-ионных аккумуляторов обусловлена наличием в аккумуляторе катода, сделанного из литий-кобальтового оксида LiCoO_2 . При достаточно небольшом нагреве (не более 90°C) LiCoO_2 начинает разлагаться с выделением кислорода, который окисляет полимерный электролит. Температура еще более повышается, процесс начинается в соседних ячейках аккумулятора. Возникает цепная реакция, которая идет до полного выгорания батареи. Этот процесс называется термическим разгоном батареи. Начать же он может из-за чрезмерного заряда батареи, вызывающего ее разогрев [1].

Низкая устойчивость к перезаряду литий-ионных аккумуляторов обусловлена тем, что на отрицательном электроде на поверхности углеродной

матрицы при значительном перезаряде становится возможным осаждение металлического лития (в виде мелко раздробленного мшистого осадка), обладающего большой реакционной способностью к электролиту, а на катоде начинается активное выделение кислорода. Возникает угроза теплового разгона, повышения давления и разгерметизации [2].

Анализ конструктивных и технических особенностей данного типа аккумуляторов показывает, что к возгоранию литий-ионного аккумулятора может привести также нарушение его герметичности, вследствие чего в корпус аккумулятора могут попасть кислород и пары воды из окружающей среды с последующей реакцией с материалами электродов и электролита, что может привести к разогреву и последующему взрыву батареи [3].

Внутреннее короткое замыкание — одна из основных причин самовозгорания аккумулятора. Причиной же самого короткого замыкания может стать физическое повреждение или заводской брак типа неровной нарезки электродов или попадания между катодом и анодом металлических частиц, которые нарушают целостность слоя сепаратора. Еще одна причина замыкания — прораствление цепочек металлического лития через сепаратор.

Специалистами по авиационной безопасности США было установлено, что к возгоранию на двух самолетах Boeing 787 Dreamliner в США и Японии привело короткое замыкание, которое возникло

в результате образования дендритов лития внутри литий-ионных аккумуляторов этих самолетов [4].

Интенсивность горения даже от миниатюрных аккумуляторов такова, что может приводить к тяжким последствиям. Авиакомпании и международные организации принимают меры к ограничению перевозок литиевых аккумуляторов и устройств с ними на авиатранспорте.

Самовозгорание литиевого аккумулятора очень плохо поддается тушению традиционными средствами. В процессе термического разгона неисправного или поврежденного аккумулятора происходит не только выделение запасенной электрической энергии, но и ряд химических реакций, выделяющих энергию для саморазогрева, кислород и горючие газы. Потому вспыхнувший аккумулятор способен гореть без доступа воздуха и для его тушения непригодны средства изоляции от атмосферного кислорода. Более того, металлический литий активно реагирует с водой с образованием горючего газа водорода, потому тушение литиевых аккумуляторов водой эффективно только для тех видов аккумуляторов, где масса литиевого электрода невелика. В целом тушение загоревшегося литиевого аккумулятора неэффективно. Цель тушения — снизить температуру аккумулятора и предотвратить распространение пламени, т. е. локализовать очаг горения на время, достаточное для прекращения термохимической реакции [5].

Другой задачей является поддержание в замкнутом объеме защищаемого отсека или помещения, в котором хранятся, перевозятся или эксплуатируются литий-ионные аккумуляторы, инертной газовой среды, исключающей возгорание газов, выходящих из поврежденного корпуса аккумулятора.

С учетом изложенного выше, в защищаемых помещениях для предотвращения возгорания, а также тушения и локализации очага горения литий-ионных аккумуляторов наиболее предпочтительно использование средств объемного газового пожаротушения.

Наиболее эффективными газовыми огнетушащими веществами являются хладоны. На российском рынке хладоны довольно долго оставались одним из широко распространенных противопожарных агентов, несмотря на их доказанную опасность для атмосферы. Но в 2005 г., после принятия Правительством РФ поправок к Монреальскому и Киотскому протоколам, в России стартовала программа по сокращению выбросов веществ, способствующих разрушению озонового слоя и глобальному потеплению. Программой предусмотрено десятикратное сокращение потребления хладонов

к 2015 г. и полный отказ от их производства и применения к 2030 г.

С конца 1990-х годов в мировой практике автоматического газового пожаротушения нарастает тенденция применения безопасных и экологически чистых веществ. Появилась целая линейка хладонов с нулевым озоноразрушающим потенциалом, отсутствием влияния на парниковый эффект и низкой токсичностью: ФК-5-1-12, Noves 1230 и др. Однако наличие токсичных продуктов разложения, выделяющихся при соприкосновении с пламенем упомянутых выше хладонов, накладывает определенные ограничения на их применение [6].

Азот является экологически чистым инертным газом, поэтому использование установок азотного пожаротушения не оказывает вредного воздействия на окружающую среду и не наносит вред оборудованию. Огнетушащая эффективность азота обеспечивается за счет снижения содержания кислорода в воздухе при разбавлении его до концентрации, не поддерживающей горение. Эффективность пожаротушения азотом не зависит от труднодоступности очага возгорания.

Установки азотного пожаротушения могут использоваться для поддержания постоянного пожаровзрывобезопасного состава атмосферы в защищаемом помещении. Стоимость азота значительно ниже, чем у других средств газового пожаротушения.

Основным нормативным параметром, требуемым для разработки установок газового пожаротушения, является нормативная объемная огнетушащая концентрация C_H , % об., определяемая по формуле, приведенной в СП 5.13130.2009 [7]:

$$C_H = C_{\text{мок}} \cdot k, \quad (1)$$

где $C_{\text{мок}}$ — минимальная объемная огнетушащая концентрация, % об.; k — коэффициент безопасности, $k = 1,2$.

Величина $C_{\text{мок}}$ определяется опытным путем при проведении огневых испытаний по тушению модельных очагов пожара.

Целью исследования является определение минимальной огнетушащей концентрации азота для тушения литий-ионного аккумулятора и определение требуемой концентрации кислорода в воздушной среде с избыточным содержанием азота, исключающей возникновение очага горения аккумулятора.

Исследования проводились на экспериментальной установке, предназначенной для определения минимальной огнетушащей концентрации газовых составов при тушении твердых и жидких горючих материалов. В состав установки входили:



камера объемом 0,323 м³, устройство ввода испытываемого аккумулятора в камеру, газовый баллон с азотом, оснащенный редуктором, газовый ротаметр, вентилятор перемешивания, приборы регистрации температуры газа, устройство поджога аккумулятора. Камера предназначалась для приготовления гомогенной газозвушной смеси заданной концентрации и проведения испытаний по тушению.

Для фиксации процесса тушения очага пожара аккумулятора использовалась видеочкамера, а для определения концентрации кислорода в камере после подачи азота — автоматический газоанализатор кислорода.

Заданная концентрация кислорода в воздушной среде камеры создавалась посредством подачи в нее в заданном объеме азота, который перемешивался с воздухом с последующей фиксацией показаний автоматического газоанализатора по концентрации кислорода.

При испытаниях по определению минимальной огнетушащей концентрации азота, после поджога аккумулятора вне камеры и истечения времени свободного горения 30 с открывался проем, и аккумулятор вводился в камеру. Фиксировалось время тушения. Поджог осуществлялся посредством вскрытия оболочки аккумулятора, замыкания электродов и зажигания запальным устройством. В процессе исследований заданная концентрация кислорода в камере после подачи азота изменялась в диапазоне (16...10) % об. с шагом 1 % об.

Тушение очагов пожара азотом достигалось за счет разбавления им газовой среды в защищаемом объеме и снижения концентрации кислорода до огнетушащей концентрации, не поддерживающей горение.

По результатам испытаний определяли наибольшую концентрацию кислорода (C_{O_2} , % об.), при которой обеспечивалось тушение аккумулятора за нормативное время, не превышающее 1 с. Нормативное время тушения применительно к установке с объемом камеры 0,323 м³, составляющее 1 с, было определено на предварительных испытаниях по тушению эталонной жидкости (Н-гептан).

Минимальную огнетушащую концентрацию азота (C_{N_2} , % об.) определяли по формуле, приведенной в стандарте ISO 14520-1:2006(R) [8]:

$$C_{N_2} = 100 \cdot \left(1 - \left[\frac{C_{O_2}}{C_{21}} \right] \right), \quad (2)$$

где C_{21} — концентрация кислорода в воздухе при нормальных условиях; $C_{21} = 21$ % об.

На испытаниях по определению концентрации кислорода в газовой среде с избыточным содержанием азота, исключающей возникновение очага горения в аккумуляторе, поджог аккумулятора с заранее вскрытой оболочкой осуществлялся в камере, заполненной газовой смесью требуемой концентрации, с помощью электрозапального устройства. На испытаниях концентрация кислорода в камере после подачи азота изменялась в пределах (13...10) % об. с шагом 1 % об.

Критерием оценки являлась наибольшая в серии испытаний концентрация кислорода (создаваемая при наименьшей концентрации поданного на тушение азота), которая обеспечивала отсутствие вспышки и воспламенения аккумулятора при его разгерметизации и нагреве устройством для поджога в камере.

В результате проведенных исследований установлено:

— при тушении возгорания литий-ионных аккумуляторов минимальная огнетушащая концентрация азота составляет 47 % об.;

— наибольшая концентрация кислорода, при которой обеспечивается тушение литий-ионных аккумуляторов, составляет 11 % об.;

— наибольшая концентрация кислорода в воздушной среде с избыточным содержанием азота, исключающая возникновение очага горения литий-ионных аккумуляторов, составляет 12 % об.

Полученные результаты исследований могут быть использованы при разработке установок газового пожаротушения и инертизации, предназначенных для защиты помещений, в которых хранятся, перевозятся или применяются литий-ионные аккумуляторы.

Список литературы

1. **Литий-ионный вопрос.** URL: <http://aviaglobus.ru/2013/01/23/5319/> (дата обращения 25.06.2018).
2. **Литий-ионные (Li-ion) аккумуляторы.** URL: <http://www.powerinfo.ru/accumulator-liion.php> (дата обращения 25.06.2018).
3. **Плотников В. Г., Чешко И. Д., Кондратьев С. А.** Пожарная опасность литий-ионных аккумуляторов и низковольтных источников питания на их основе // Исследование пожаров: Сборник статей; под ред. С. В. Шарапова, И. Д. Чешко. — СПб.: СПбУ ГПС, 2014. — С. 53—58.
4. **Литий-ионный вопрос** — еще раз про пожароопасность LiPo. URL: <http://forum.rcdesign.ru/f88/thread307393.html> (дата обращения 25.06.2018).
5. **Литий-ионный аккумулятор** — Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Литий-ионный_аккумулятор (дата обращения 25.06.2018).

6. **Установки** объемного пожаротушения Novec™ 1230. Руководство по проектированию // Tyco Fire Suppression & Building Products. — 2008. — Вып. 4.
7. **СП 5.13130.2009** Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения

- автоматические. Нормы и правила проектирования. — М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
8. **ISO 14520-1:2006(R)** Установки газового пожаротушения. Физические свойства и проектирование. Часть 1. Общие требования. — М., Стандартинформ, 2009.

A. A. Speransky, Senior Researcher, e-mail: speranskiy49@bk.ru,
D. A. Lobov, Head of Department, **S. V. Mamagin**, Senior Researcher, Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia

Determination of Fire Extinguishing Nitrogen Efficiency in the Fire of Lithium-Ion Batteries

The fire hazard of lithium-ion batteries is due to the presence in them of a cathode made of lithium-cobalt oxide, which decomposes when heated in the process of charging with the release of oxygen, which leads to a further increase in temperature and ignition of the battery. Impaired enclosure tightness and internal short circuit also lead to spontaneous ignition of the battery. In the process of heating a number of chemical reactions occur with the release of oxygen and combustible gases. Therefore, a flashing battery can burn without air.

Metallic lithium actively reacts with water to form combustible hydrogen gas. The task of extinguishing a lithium-ion battery is to reduce the temperature and localize the combustion chamber for a time sufficient to terminate the thermochemical reaction. Another task is to maintain in an enclosed volume in which the batteries are placed an inert gaseous medium that prevents the ignition of gases escaping from the damaged battery case. To this end, to prevent ignition, as well as extinguish and localize the fire, it is most preferable to use nitrogen gas.

Based on the results of experimental studies, the minimum fire-extinguishing concentration of nitrogen and the oxygen concentration in the protected room volume are determined, under which lithium-ion batteries are quenched. The concentration of oxygen in the air with an excessive nitrogen content is determined, which excludes the occurrence of a combustion center of lithium-ion batteries.

Keywords: nitrogen, fire extinguishing efficiency, fire extinguishing installation, lithium-ion battery, inertization

References

1. **Litij-ionnyj vopros**. URL: <http://aviaglobus.ru/2013/01/23/5319/> (date of access 25.06.2018).
2. **Litij-ionnyye (Li-ion) akkumuljatory**. URL: <http://www.powerinfo.ru/accumulator-liion.php> (date of access 25.06.2018).
3. **Plotnikov V. G., Cheshko I. D., Kondrat'ev S. A.** Pozharnaja opasnost' litij-ionnyh akkumuljatorov i nizkovol'tnyh istochnikov pitaniya na ih osnove // Rassledovanie pozharov: Sbornik statej; pod red. S. V. Sharapova, I. D. Cheshko. Saint-Petersburg: SPbU GPS, 2014. P. 53—58.
4. **Litij-ionnyj vopros** — eshe raz pro pozharoopasnost' LiPo. URL: <http://forum.rcdesign.ru/f88/thread307393.html> (date of access 25.06.2018).
5. **Litij-ionnyj akkumuljator** — Wikipedia. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Litij-ionnyj_akkumuljator (date of access 25.06.2018).
6. **Установки** об#emnogo pozharotushenija Novec™ 1230. Rukovodstvo po proektirovaniju. Tyco Fire Suppression & Building Products, 2008. Vyp. 4.
7. **СП 5.13130.2009** Sistemy protivopozharnoj zashhity. Ustanovki pozharnoj signalizacii i pozharotushenija avtomaticheskie. Normy i pravila proektirovanija. Moscow: FGU VNIIPo MChS Rossii, 2009.
8. **ISO 14520-1:2006(R)** Ustanovki gazovogo pozharotushenija. Fizicheskie svojstva i proektirovanie. Chast' 1. Obshhie trebovanija. Moscow: Standartinform, 2009.

УДК 551.578.7:316.774

К. Б. Лиев, канд. физ.-мат. наук, зав. лабораторией, **М. Л. Долова**, канд. геогр. наук, науч. сотр., e-mail: madinadolova@yandex.ru, Высочокорный геофизический институт, Нальчик

Использование современных технологий для оповещения населения о градобитии

Отмечено, что на сегодняшний день МЧС России успешно реализует систему рассылки экстренных СМС-сообщений. Так почему же не использовать социальные сети для оповещения населения и о надвигающемся градовом облаке в реальном времени? Это является очень актуальной темой для многих регионов страны. Выпадение града очень серьезное стихийное бедствие, каждый год наносящее колоссальный ущерб сельскому хозяйству и имуществу.

Предложено создать систему оповещения в социальных сетях, которая позволит оперативно предупреждать огромную аудиторию: население получит уведомления прямо в социальной сети; при этом все данные о сложившейся градовой ситуации актуализируются в режиме реального времени с привязкой к геолокации. И пользователи смогут получать точные сведения об обстановке в регионе, в котором они находятся.

Ключевые слова: градовое облако, радиолокационные комплексы, отражаемость облака, оповещение населения

Выпадение града очень серьезное стихийное бедствие, каждый год наносящее колоссальный ущерб сельскому хозяйству и имуществу. Размеры градин могут достигать размеров с куриное яйцо. Градобитие 19 августа 2015 г. нанесло большой ущерб экономике Северного Кавказа. Многолетний опыт показывает, что выпадение града может причинить значительный ущерб и значительные убытки застрахованному имуществу, особенно если градовая дорожка перемещается по густонаселенным районам. В городах повреждения от града автотранспортных средств могут включать значительную долю от общего числа застрахованных убытков.

Целью данной работы является рассмотрение возможности оповещения населения о градобитии с помощью социальных сетей.

Трудно представить современную жизнь без гаджетов, практически у каждого человека при себе имеется телефон, планшет или ноутбук с выходом в интернет и установленными социальными сетями, такими как: Вконтакте, instagram, facebook, twitter и др. Каждый из пользователей сети интернет зарегистрирован хотя бы в одной социальной сети, некоторые участвуют в двух-трех. В социальных сетях возможно многое.

Можно узнать, как правильно приготовить то или иное блюдо, где можно купить домашнее животное и чем вылечить болезнь? В социальных сетях находится огромное количество информации, причем, наиболее ценно то, что эта информация не скачана на каком-то незнакомом сайте, а добавлена другим пользователем, который проверил ее на себе или родных и близких, ведь советы на подобных ресурсах, чаще всего, даются из личного опыта. А, значит, пользоваться ими можно без всякой опаски.

Так почему же нельзя выставлять данные о надвигающемся градовом облаке? Эта информация будет полезна. Сети возможно настроить так, чтобы уведомления приходили как на электронную почту, так и на телефон в виде sms-сообщения. Встает вопрос, где взять такую информацию для оповещения населения о приближающемся атмосферном явлении?

Возможность оповещения о градоопасности особенно важна для градоопасных регионов Российской Федерации, каковым является Северный Кавказ. Сегодня в России действуют три военизированные службы по активному воздействию на метеорологические и другие геофизические процессы: Краснодарская, Ставропольская и

Северо-Кавказская. Существуют планы восстановить систему противогололедной защиты и в Крыму. Площадь противогололедной защиты в России составляет 40 % всех сельскохозяйственных угодий южных регионов страны. Экономический эффект противогололедных мероприятий в 2016 г. превысил 4,3 млрд руб., а каждый вложенный рубль окупился в 9 раз. Создание противогололедной службы было насущной необходимостью. Посевы сельскохозяйственных культур каждое лето страдают от града, в результате чего в мире ежегодно теряется от 4 до 18 % урожая. В России этому бедствию особенно подвержены причерноморские земли. С одной стороны, здесь наиболее благоприятные условия для сельского хозяйства, с другой — высокая влажность воздуха, сильный дневной прогрев и мощные восходящие потоки в предгорьях Кавказа часто приводят к выпадению града из кучево-дождевых облаков [1—3].

Для зондирования атмосферы военизированными службами используется метеорологический радиолокатор. Радиолокатор позволяет проводить наблюдения за местоположением и передвижением областей осадков, и с помощью его можно получать данные об интенсивности осадков в пределах действия радиолокатора. Радиолокационные методы зондирования облаков позволяют, в отличие от наземных градомерных наблюдений, получать микрофизические характеристики в реальном масштабе времени на больших площадях, что является весьма перспективным для оценки эффективности активного воздействия на градовые процессы и оперативного определения ущерба от градобитий.

Потребности получения достоверной радиолокационной информации в оперативном режиме, а также развитие вычислительной техники привели к созданию автоматизированных радиолокационных комплексов, решающих задачи градозащиты, штормоповещения, измерения параметров облака и осадков и контроля искусственного воздействия на них. Дальность радиолокационных наблюдений сегодня определяется не столько возможностями техники, сколько решаемыми задачами и естественными ограничениями. Радиолокационный луч, выпущенный под нулевым углом места, из-за кривизны Земли на дальностях свыше 100 км отрывается от поверхности Земли на более чем 600 м. На дальностях более 250 км радиолокатор



Рис. 3. Град, выпадавший 19.04.2017 г., на окраине г. Нальчика

может обнаруживать только верхушки мощных облаков.

Для автоматизации получения, обработки и передачи радиолокационной информации об облаках и осадках используются различные программы, такие как: "Мерком", "Асу-МРЛ", "Антиград" и др., которые выдают радиолокационную информацию в виде отражаемостей на фоне карты местности в виде графической картинки (рис. 1, 2 — см. 2-ю стр. обложки) [4].

Из рис. 1 и 2 видно, что градовое облако, с выпадением града, движется в сторону г. Нальчик. Данное облако являлось градовым и дало ущерб не только сельскохозяйственным угодьям, но и населенным пунктам. На рис. 3 приведен пример размера града с данного облака.

Рисунки отражаемостей приведены с метеорологического радиолокатора МРЛ-5, расположенного на полигоне Высокогорного геофизического института, Нальчик. По мнению авторов, информация о надвигающемся градовом облаке, в виде отражаемости облака на фоне карты, была бы полезна населению. Многие жители



Наземные и радиолокационные (р/л)
данные по количеству осадков в августе 2017 г.

Дата	Средний слой осадков		Относительная ошибка р/л измерений, %	Коэффициент согласования
	наземные данные	р/л данные		
08.08.17	13,6	15,8	13,92	1,16
09.08.17	7,8	8,3	6,02	1,06
10.08.17	31,0	45,2	31,41	1,45
15.08.17	5,4	5,2	3,84	0,96
23.08.17	4,2	4,6	8,69	1,09
24.08.17	1,8	1,7	5,88	0,94
29.08.17	0,8	0,5	60,0	0,62
30.08.17	0,6	0,7	14,28	1,16
31.08.17	5,4	6,1	11,47	1,12
За месяц	57,0	72,3	21,16	1,26

подписались бы на рассылку такой информации с предупреждением о надвигающемся градовом облаке.

Для подтверждения точности показания радиолокатора провели сопоставительный анализ количества выпавших осадков между показаниями метеорологического локатора и наземной осадкомерной сети. В таблице приведены результаты сопоставления данных по дождям: наземных, полученных на сети метеостанций, и данных радиолокационных измерений.

Сопоставление наземных и радиолокационных данных показывает их удовлетворительное совпадение, средняя относительная погрешность радиолокационных измерений за день составила минимум 5,88 %, максимум 60,0 %. Коэффициент корреляции для августа — 0,75, что также показывает тесную связь между наземными и радиолокационными данными.

Противоградные службы ведут работы по активному воздействию на метеорологические процессы, но защита городов и населенных пунктов в зону ответственности не входит, так как в направлении городов, поселков, атомных электростанций, государственных границ, расположенных в зоне противоградской защиты, установлены запретные сектора. Это связано с тем, что

в целях обеспечения безопасности аномального функционирования и отказа систем самоликвидации противоградных изделий, которые могут сопровождаться взрывом на земле, запрещается производить пуски ракет через населенные пункты [5]. И тем самым населенные пункты остаются не защищенными от градобитий, а информировать население о надвигающемся градовом облаке было бы очень полезно для населения. Была проведена апробация метода на основе данных радиолокационной системы АСУ "МетеоХ" и радиолокатора МРЛ-5 на примере градобитий на территории Кабардино-Балкарии. Апробация показала положительные результаты.

Таким образом, предлагаемый метод оповещения обеспечивает достаточно точную локализацию градобития и имеет ряд преимуществ:

- заблаговременность оповещения — 0,5...2 ч;
- возможность охвата одним радиолокатором территории в радиусе 130 км;
- удобство организации и обслуживания;
- экономичность, не требующая большого финансового вложения.

Возможно широкомасштабное внедрение предложенного метода оповещения на базе военизированных служб по борьбе с градом.

Список литературы

1. **Лиев К. Б., Долова М. Л.** Исследование радиолокационных и физических параметров конвективных облаков для оценки их пригодности к воздействию // Устойчивое развитие горных территорий. — 2017. — Т. 9. — № 3 (33). — С. 233—239.
2. **Radar studies of the distribution of the formation zones of the first radar echo of hail clouds.** V. S. Inyukhin, S. A. Kushchev, K. B. Live, V. S. Makitov // *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics.* — 2016. — Vol. 52. — N. 6. — P. 615—621.
3. **Лиев К. Б., Долова М. Л., Кушев С. А.** Сравнительный анализ количества осадков в летний период 2014 г. в центральной части Северного Кавказа // *Метеорология и гидрология.* — 2017. — № 8. — С. 105—109.
4. **Радиолокационные характеристики градовых облаков /** В. С. Инюхин, С. А. Кушев, К. Б. Лиев, И. Н. Березинский // База данных № 2017620749, 2017.
5. **Порядок применения модернизированного комплекса "Алазань" для активного воздействия на метеорологические и другие процессы /** М. Т. Абшаев, Х.-М. Х. Байсиев, А. М. Абшаев // РД 52.37.710—2012.

K. B. Liev, Head Laboratory, High Mountain Geophysical Institute, Nalchik,
M. L. Dolova, Researcher, e-mail: madinadolova@yandex.ru, High Mountain
Geophysical Institute, Nalchik

Use of Modern Technologies to Alert the Public about Hardship

In today's world, social networks have become a daily reality. The information diversity of social resources, the number of services offered and the number of users is growing every day.

The purpose of the work is to consider the possibility of alerting the public about hail-doubling with the help of social networks.

To date, EMERCOM of Russia has successfully implemented a system for sending emergency SMS messages. So why not use social networks to alert the public and the impending hail cloud in real time? This is a very urgent topic for many regions of the country. Hailfall is a very serious natural disaster, each year causing enormous damage to agriculture and property.

The system of notification in social networks will quickly prevent a huge audience. The population will receive notices directly on the social network. At the same time, all data on the current situation in the city are updated in real time with reference to geolocation. And users will be able to get accurate information about the situation in the region in which they are located.

Keywords: city cloud, radar complexes, cloud reflectivity, population alert

References

1. **Liev K. B., Dolova M. L.** Issledovanie radiolokacionnyh i fizicheskikh parametrov konvektivnykh oblakov dlya ocenki ih prigodnosti k vozdeystviyu. *Ustojchivoe razvitiye gornyh territorij*. 2017. T. 9. No. 3 (33). P. 233—239.
2. **Radar** studies of the distribution of the formation zones of the first radar echo of hail clouds. V. S. Inyukhin, S. A. Kushchev, K. B. Lieve, V. S. Makitov. *Izvestiya. Atmospheric and Oceanic Physics*. 2016. Vol. 52. No. 6. P. 615—621.
3. **Liev K. B., Dolova M. L., Kushchev S. A.** Sravnitel'nyy analiz kolichestva osadkov v letnij period 2014 g. v central'noj chasti Severnogo Kavkaza. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2017. No. 8. P. 105—109.
4. **Radiolokacionnye** karakteristiki gradovykh oblakov / V. S. Inyukhin, S. A. Kushchev, K. B. Lieve, I. N. Berezinskij. *Baza dannyh № 2017620749 2017 god*.
5. **Poryadok** primeneniya modernizirovannogo kompleksa "Alazan" dlya aktivnogo vozdeystviya na meteorologicheskie i drugie processy. M. T. Abshaev, H.-M. H. Bajsiev, A. M. Abshaev. *RD 52.37.710—2012*.



12-я Каспийская Международная Выставка

"Охрана, Безопасность и Средства Спасения"

22—25 октября 2019. Баку

Экспо Центр Кавказского региона
в индустрии охраны, безопасности и средств спасения

Разделы выставки:

Технические средства обеспечения безопасности
Охранное телевидение и наблюдение
Пожарная безопасность. Аварийно-спасательная техника. Охрана труда
Защита информации. Смарт карты. ID-Технологии. Банковское оборудование

Подробности: <https://www.cips.iteca.az/>

УДК 621.31:504.5

Б. Б. Бобович, д-р техн. наук, проф., e-mail: boris0808@yandex.ru,
В. А. Березина, студент магистратуры, Московский политехнический университет

Анализ негативного воздействия электроэнергетики на окружающую среду

Отмечено, что электроэнергетика — базовая отрасль экономики, определяющая возможности развития общества, является крупнейшим загрязнителем биосферы. Показано, что развитие электроэнергетики будет базироваться, главным образом, на использовании угля, что приведет к увеличению загрязнения окружающей среды и нарастанию экологических проблем. Угольная электроэнергетика потребует серьезного увеличения затрат материально-технических ресурсов для уменьшения ее негативного воздействия на биосферу и для создания новых, более эффективных очистных сооружений.

Рассмотрены возможности уменьшения негативного воздействия электроэнергетики путем применения энергосберегающих технологий и более широкого использования возобновляемых источников энергии.

Ключевые слова: электроэнергетика, загрязнение окружающей среды, тепловые электростанции, уголь, радионуклиды, возобновляемые источники энергии

Введение

Загрязнение атмосферного воздуха является основным фактором риска для здоровья населения. По данным Всемирной организации здравоохранения, 91 % населения планеты живет на территориях, на которых качество атмосферного воздуха не соответствует нормативному уровню. Высокое содержание в воздухе загрязняющих веществ приводит к заболеваниям не только органов дыхания, но и иммунной, нервной, мочеполовой, костно-мышечной, сердечно-сосудистой и других систем организма, а также к развитию злокачественных новообразований и др. По данным ООН, от загрязнения воздуха ежегодно умирают 7 млн человек [1].

Несмотря на то что качество атмосферного воздуха в городах Российской Федерации медленно улучшается, оно остается на подавляющей части территории нашей страны по-прежнему неудовлетворительным. По данным Государственного доклада [2], в каждом пятом городе, где ведутся регулярные наблюдения, уровень загрязнения воздуха в 2017 г. был высоким или очень высоким. В этих городах проживало 13,5 млн человек, что составляет 12 % городского населения страны. Крупнейшим загрязнителем атмосферного воздуха является электроэнергетика, негативно влияющая на человека, флору и фауну человека.

Электроэнергетика — крупный источник загрязнения окружающей среды

Экономический рост на протяжении всей истории человечества неразрывно связан с возможностью получения энергии, а в XX и XXI веках — с прогрессом в электроэнергетике как базовой отрасли развития экономики [3].

На рис. 1 показана динамика производства электроэнергии в России в 2010—2017 гг. За эти годы производство электроэнергии выросло почти на 5,4 %, с 1038 до 1094 млрд кВт·ч.

Развитие электроэнергетики всегда сопровождалось ее возрастающим негативным влиянием на окружающую среду. В наши дни

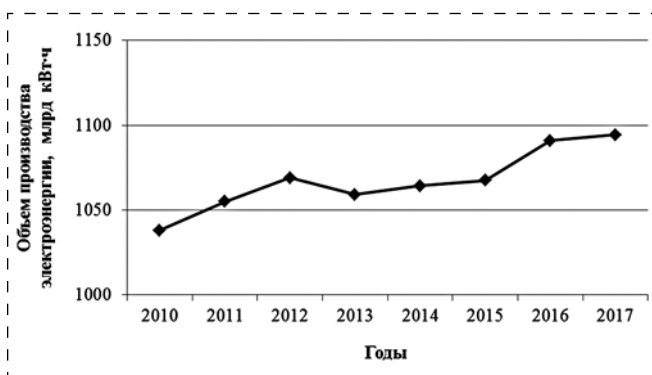


Рис. 1. Производство электроэнергии в России

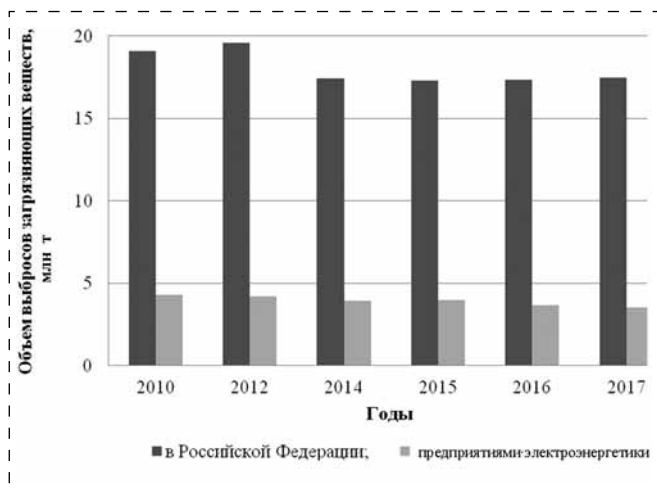


Рис. 2. Выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников [4]

электроэнергетика является одним из основных загрязнителей воздуха, наряду с автомобильным транспортом и такими видами экономической деятельности, как металлургия, обрабатывающее производство и добыча полезных ископаемых.

Вклад электроэнергетики в общее загрязнение атмосферы от стационарных источников показан на рис. 2. Из приведенных на рисунке данных видно, что вклад электроэнергетики в общее загрязнение атмосферы составляет около 20 %. Снижение выбросов загрязняющих веществ в отрасли происходит более быстрыми темпами, чем в целом в экономике страны. Так, в 2017 г. общее количество выбросов в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников в Российской Федерации по сравнению с 2010 г. снизилось на 8,57 %, в то время как доля выбросов предприятиями электроэнергетики уменьшилась на 18 %.

Электроэнергетика является крупнейшим потребителем пресной воды, расходуемой на охлаждение различных аппаратов: конденсаторов паровых турбин, воздухо- и маслоохладителей и других агрегатов, а также используемой в качестве теплоносителя. На долю отрасли приходится 77 % общего объема свежей воды, используемой промышленностью России.

Большая часть потребляемой воды включена в цикл оборотного водоснабжения. Электроэнергетика находится на первом месте по объемам оборотного и последовательного циклов водопользования: 63 % от общего количества такого водопользования в стране (рис. 3).

Электроэнергетика находится на первом месте и по объему сточных вод, сбрасываемых в поверхностные водоемы (рис. 4), из них в 2017 г. 95,13 % были нормативно чистыми [2].

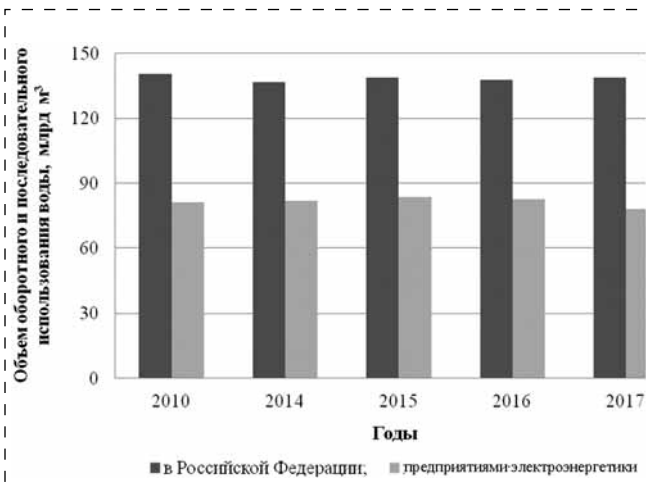


Рис. 3. Оборотное и последовательное использование воды

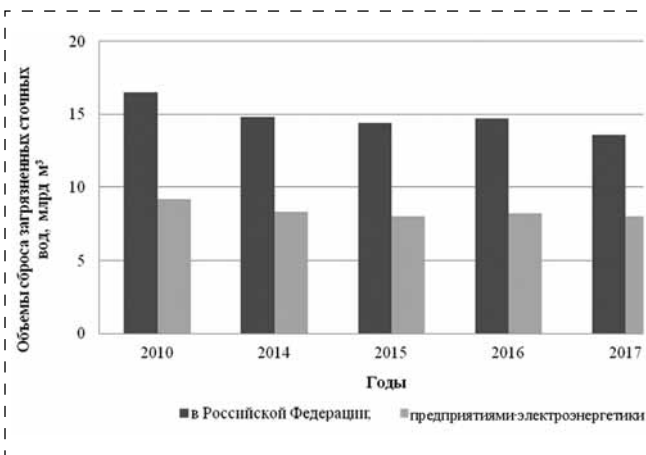


Рис. 4. Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водоемы

Сточные воды электростанций содержат никель, фенолы, фтор, нефтепродукты и другие загрязняющие вещества. Сбрасываемые в водоемы сточные воды оказывают пагубное влияние на качество воды и водные организмы. Кроме того, сточные воды электростанций являются источником теплового загрязнения водоемов, вызывая их эвтрофикацию.

Виды электростанций и их воздействие на биосферу

Наибольшее отрицательное воздействие связано с эксплуатацией теплоэлектростанций (ТЭС), вырабатывающих электроэнергию путем сжигания органического топлива и, прежде всего, угля. В 2017 г. они произвели 622,4 млрд кВт·ч, что составило без малого 58 % выработанной

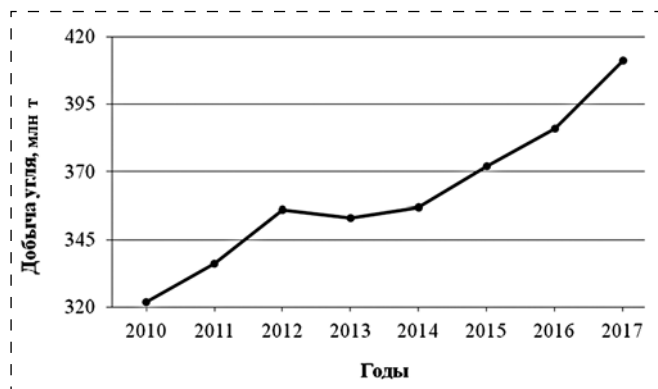


Рис. 5. Динамика добычи угля в России [4, 6]

в стране электроэнергетики [5]. Для обеспечения работоспособности ТЭС постоянно наращивается добыча угля (рис. 5). В 2017 г. было добыто 410,5 млн т угля, при этом рост добычи по отношению к 2010 г. составил 27,6 %.

Теплоэлектростанции неблагоприятно влияют на атмосферу, гидросферу и литосферу. На их долю приходится около 25 % всех вредных выбросов, поступающих в атмосферу от промышленных предприятий. Выбросы ТЭС содержат сажу, диоксид серы, оксиды азота, углерода, соединения тяжелых металлов, бенз(а)пирен и другие загрязнители и являются одной из причин формирования кислотных осадков.

Большой риск для здоровья представляют мелкодисперсные твердые частицы диаметром менее 10 и 2,5 мкм, выделяющиеся при сжигании угля, которые могут проникать глубоко в дыхательные пути, а оттуда попадать в кровоток и оказывать негативное воздействие на сердце, сосуды головного мозга и дыхательную систему. Международное агентство по изучению рака классифицировало твердые частицы как одну из причин рака легких. Наряду с образованием перечисленных выше загрязнителей, при сжигании некоторых марок углей происходит также и радиационное загрязнение окружающей среды. Работающие на таком угле ТЭС являются источником выбросов низкоактивных радионуклидов. Зола и шлак, образующиеся при сжигании углей, содержащих радионуклиды, обогащены ими.

Содержащиеся в угле радионуклиды после сжигания топлива выбрасываются в атмосферу и рассеиваются с дымовыми газами на большой площади. Вместе с летучей золой они оседают на растения и почву. Количество радионуклидов, выходящих в атмосферу, зависит от концентрации их в угле, метода сжигания угля на ТЭС и от эффективности улавливания летучей золы. Попадая в биосферу, они служат источником облучения

людей. Золошлаковые отвалы ТЭС, занимающие значительные территории, образуют техногенные месторождения радионуклидов.

Объемы эмиссии радионуклидов в составе летучей золы дымовых газов, по оценкам ряда специалистов, превышают объемы радиационных выбросов атомных электростанций при их эксплуатации. Радиационная опасность угольных ТЭС из-за содержания в углях естественных радионуклидов — одна из наиболее серьезных экологических проблем угольной энергетики. А между тем на угле базируется 41 % мирового производства электроэнергии [7].

В Энергетической стратегии России на период до 2030 г. [8], а также в Долгосрочной программе развития угольной промышленности России на период до 2030 г. [9] намечено опережающее развитие угольной генерации в России, так как уголь — самое доступное и дешевое топливо для энергетики.

Добыча топлива для работы ТЭС также сопровождается отрицательным воздействием на окружающую среду. Оно проявляется в заборе воды из природных источников, сбросе загрязненных сточных вод в водные объекты, выбросе вредных веществ в атмосферу, изъятии из землепользования и нарушении земель, образовании и размещении отходов производства. В частности, угольная промышленность входит в первую десятку отраслей, оказывающих наибольшее негативное воздействие на окружающую среду.

Существенный вклад в производство электроэнергии в стране вносят атомные электростанции (АЭС): в 2017 г. они выработали 202,9 млрд кВт·ч. АЭС, также как и любые другие технологические объекты, негативно влияют на окружающую среду. Однако при правильной эксплуатации, АЭС — наиболее экологически чистый источник энергии, их воздействие существенно меньше, чем тепловых электростанций [10].

При соблюдении существующих нормативов эксплуатации АЭС, влияние ионизирующего излучения сведено к минимуму и не превышает допустимый природный фон. Возможное воздействие АЭС контролируется при их эксплуатации мерами, предусмотренными еще на стадии проектирования. Современные атомные станции должны соответствовать требованиям государственных и международных надзорных органов, включая МАГАТЭ (Международное агентство по атомной энергии).

Основными загрязнителями окружающей среды, образующимися при работе АЭС, являются ядерные отходы, выбросы, сточные воды и тепловое загрязнение, влияющее на микроклимат территории.

Ядерные отходы, образующиеся в результате работы атомных электростанций, после их специальной подготовки захораниваются со сроком безопасного хранения в течение десятков тысяч лет. Используемые технологии подготовки не могут обезвредить радиоактивные отходы, но позволяют уменьшить их объем и перевести в более устойчивую физическую форму.

Наиболее эффективно захоронение таких отходов производится путем сооружения скважинных могильников небольшого объема в геологически благоприятных породах. В основе этих технологий лежит использование изоляционных свойств геологической среды в сочетании с сорбционными свойствами минеральных смесей, применяемых для закрытия скважин после заполнения могильников.

Вредным воздействием на человека и окружающую среду обладают выбросы и сбросы радиоактивных веществ. Это газовые и аэрозольные выбросы в атмосферу через трубу и жидкие сбросы в водоемы, в которых вредные примеси присутствуют в виде растворов или мелкодисперсных смесей.

По данным Государственного доклада [2], суммарный сброс сточных вод от АЭС России в поверхностные водоемы в 2017 г. составил 6716,4 млн м³, из них нормативно чистых — 6600,1 млн м³ (98,3 %), загрязненных — 79,0 млн м³ (1,2 %), нормативно очищенных — 37,3 млн м³ (0,5 %). Поступление радионуклидов со сточными водами в открытую гидрографическую сеть было существенно меньше установленных нормативов и составило по альфа-активным нуклидам около 22,31 %, а по бета-активным — менее 0,22 % допустимых норм.

Выбросы атомными электростанциями вредных химических веществ в атмосферный воздух в 2017 г. сократились по сравнению с 2016 г. на 9,2 тыс. т, или на 20,18 %, и составили 36,4 тыс. т. При этом 88,2 % выбросов были уловлены и обезврежены на очистных сооружениях атомных электростанций.

Тепловое воздействие АЭС влияет на микроклимат, жизнь флоры и фауны в радиусе нескольких километров, поскольку до 65...67 % образующейся при их работе теплоты рассеивается в атмосфере при охлаждении оборотных вод и с выбросами.

Гидроэлектростанции (ГЭС) страны произвели в 2017 г. 187,4 млрд кВт·ч электроэнергии. Среди традиционных источников электроэнергии они оказывают наименьшее воздействие на окружающую среду. Это дает основание считать их наиболее экологически чистыми источниками электроэнергии, при их работе атмосфера вообще не загрязняется. ГЭС используют только энергию

водного потока и не расходуют невозобновляемых полезных ископаемых.

Однако было бы ошибкой считать гидроэлектростанции экологически безопасными сооружениями. Их строительство приводит к серьезному негативному воздействию на окружающую среду. Строительство гидроэлектростанций во многих случаях сопровождается сооружением водохранилищ, которые обеспечивают их стабильную работу. Для создания водохранилищ отчуждаются и затопляются пахотные земли, а сами водохранилища вызывают изменение климата на прилегающих территориях на расстояниях до сотен километров. При строительстве водохранилищ нарушаются естественные нерестилища рыбы [11].

Выработка электроэнергии с помощью возобновляемых источников энергии в стране невелика и в 2017 г. составила 0,69 млрд кВт·ч, что свидетельствует о невозможности существенно заменить ими производство электроэнергии с использованием органического или ядерного топлива.

Заключение

Подводя итоги, следует отметить, что электроэнергетика, являющаяся базовой отраслью экономики и определяющая возможности развития общества, будет и впредь развиваться опережающими темпами. Следует иметь в виду также, что электроэнергетика — крупнейший загрязнитель атмосферы, гидросферы и литосферы, негативно влияющий на человека, флору и фауну планеты.

Учитывая ограниченность сырьевых ресурсов, развитие электроэнергетики будет базироваться, главным образом, на использовании угля, что приведет к дальнейшему загрязнению окружающей среды и нарастанию экологических проблем.

Уменьшить негативные тенденции, связанные с развитием электроэнергетики, можно за счет применения энергосберегающих технологий и более широкого использования возобновляемых источников энергии — солнца, ветра, приливов-отливов, геотермальных источников.

Список литературы

1. **От загрязнения** воздуха каждый год умирают 7 млн человек — ООН. URL: <https://www.gazeta.uz/ru/2019/03/05/atmosphere/> (дата обращения 24.03.2019).
2. **Государственный доклад** "О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2017 году". М.: Минприроды России; НПП "Кадастр", 2018. 888 с. URL: http://www.mnr.gov.ru/upload/medialibrary/doklad_2017.pdf (дата обращения 24.03.2019).
3. **Экологические** проблемы энергетического обеспечения человечества. URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/ecology/ecol/ecol05.htm> (дата обращения 24.03.2019).



4. **Охрана** окружающей среды в России. 2018: Статистический сборник / Росстат. — М., 2018. — 125 с. URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2018/ohrana_2018.pdf (дата обращения 24.03.2019).
5. **Программа** развития угольной промышленности России на период до 2030 года. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/532/> (дата обращения 24.03.2019).
6. **Российский** статистический ежегодник 2017 г. URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/year/year17.pdf (дата обращения 24.03.2019).
7. **Крылов Д. А., Овсейчук В. А., Сидорова Г. П.** Радиоактивность углей // Энергия: экономика, техника, экология. — 2015. — № 5. — С. 2—11.
8. **Энергетическая** стратегия России на период до 2030 г. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения 24.03.2019).
9. **Долгосрочная** программа развития угольной промышленности России на период до 2030 г. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1846> (дата обращения 24.03.2019).
10. **Как атомные** станции влияют на окружающую среду? URL: <http://www.aem-group.ru/mediacenter/informatoriy/kak-atomnyie-stanczii-vliyayut-na-okruzhayushhuyu-sredu.html> (дата обращения 24.03.2019).
11. **Хакимуллин Б. Р., Гумеров И. Р., Зайнуллин Р. Р.** Экологические проблемы современных гидроэлектростанций // Теория и практика современной науки. — 2017. — № 3 (21). URL: https://modern-j.ru/domains_data/files/21/Hakimullin%20B.R.-40.pdf (дата обращения 24.03.2019).

В. В. Bobovich, Professor, e-mail: boris0808@yandex.ru, **V. A. Berezina**, Master's Student, Moscow Polytechnic University

Analysis of the Negative Impacts of Electroenergetics on the Environment

Energetics, which is the basic branch of the economy and determines the possibilities of development of society, is the largest polluter of the biosphere, negatively affecting the human, flora and fauna of the planet. It is shown that the development of energetics will be based mainly on the use of coal, which will lead to an increase in environmental pollution and to environmental problems. The coal energetics will require a serious increase in the cost of material and technical resources to reduce its negative impact on the biosphere, and also to create new, more efficient treatment facilities.

Keywords: electric power industry, environmental pollution, thermal power plants, coal, radionuclides, renewable energy sources

References

1. **Ot zagrjaznenija** vozduha kazhdyj god umirajut 7 mln chelovek — OON. URL: <https://www.gazeta.uz/ru/2019/03/05/atmosphere/> (date of access 24.03.2019).
2. **Gosudarstvennyj doklad** "O sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej srede Rossijskoj Federacii v 2017 godu". Moscow: Minprirody Rossii; NPP "Kadastr". 2018. 888 p. URL: http://www.mnr.gov.ru/upload/medialibrary/doklad_2017.pdf (date of access 24.03.2019).
3. **Jekologicheskie problemy** jenergeticheskogo obespechenija chelovechestva. URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/ecology/ecol/ecol05.htm>. (date of access 24.03.2019).
4. **Ohrana** okruzhajushhej srede v Rossii. 2018: Statisticheskij sbornik / Rosstat. M., 2018. 125 p. URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2018/ohrana_2018.pdf (date of access 24.03.2019).
5. **Programma** razvitija ugol'noj promyshlennosti Rossii na period do 2030 goda. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/532/> (date of access 24.03.2019).
6. **Rossijskij** statisticheskij ezhegodnik 2017 goda. URL: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2017/year/year17.pdf (date of access 24.03.2019).
7. **Krylov D. A., Ovsejchuk V. A., Sidorova G. P.** Radioaktivnost' uglej. *Jenergija: jekonomika, tehnika, jekologija*. 2015. No. 5. P. 2—11.
8. **Jenergeticheskaja** strategija Rossii na period do 2030 goda. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>. (date of access 24.03.2019).
9. **Dolgosrochnaja** programma razvitija ugol'noj promyshlennosti Rossii na period do 2030 goda. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1846> (date of access 24.03.2019).
10. **Kak atomnye stancii** vlijajut na okruzhajushhuyu sredu? URL: <http://www.aem-group.ru/mediacenter/informatoriy/kak-atomnyie-stanczii-vliyayut-na-okruzhajushhuyu-sredu.html> (date of access 24.03.2019).
11. **Hakimullin B. R., Gumerov I. R., Zajnullin R. R.** Jekologicheskie problemy sovremennyh gidrojelektrostancij. *Teorija i praktika sovremennoj nauki*. 2017. No. 3 (21). URL: https://modern-j.ru/domains_data/files/21/Hakimullin%20B.R.-40.pdf (date of access 24.03.2019).

Ю. А. Суворова^{1, 2}, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., доц., e-mail: suvorovaya@mail.ru,
Р. В. Дорохов¹, канд. техн. наук, начальник лаборатории, **А. А. Тарова**¹, мл. науч. сотр.,
И. В. Рязанов¹, инж.,

¹ ОАО «Корпорация "Росхимзащита"», Тамбов

² Тамбовский государственный технический университет

Энергосберегающая система очистки воздуха от диоксида углерода для объектов коллективной защиты

Представлена энергосберегающая система очистки от CO₂ на основе гибкого листового известково-кальциевого поглотителя с полимерным связующим, рекомендуемая к применению на объектах коллективной защиты. Воздухообмен, необходимый для подачи CO₂ на поверхность поглотителя, где происходит его хемосорбция, осуществляется за счет естественной циркуляции из-за разницы плотностей воздуха различной температуры. Приведены результаты экспериментальных исследований в замкнутой камере при постоянной подаче CO₂, проведенных для оценки эксплуатационных характеристик разработанного изделия. Установлено, что сорбционные характеристики поглотителя в составе разработанного изделия в 1,5–2,3 раза выше, чем у отечественного и зарубежного аналогов. Рассчитаны скорости поглощения, степени превращения. Показано, что при использовании разработанного изделия будут созданы комфортные условия для дыхания человека.

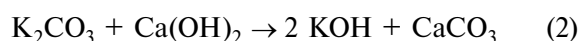
Ключевые слова: диоксид углерода, хемосорбция, листовый поглотитель, гидроксид кальция, блок поглощения, сорбционная емкость

Введение

В замкнутых системах жизнеобеспечения, таких как объекты коллективной защиты, для химической очистки воздуха от диоксида углерода CO₂, выделяемого человеком при дыхании, широко применяются различного рода сорбенты — молекулярные сита, активированный уголь, гидроксиды щелочных и щелочноземельных металлов, амины [1, 2]. В случае, когда на объекте отсутствует возможность использования источника энергии для подачи воздуха на очистку непосредственно в адсорбер, например при аварии, с точки зрения занимаемых объемов и удобства эксплуатации наиболее приемлемыми поглотителями CO₂ считаются гидроксид лития и составы на основе гидроксида кальция — известково-кальциевые поглотители. Их производство освоено отечественной и зарубежной промышленностью под марками Varalyme Sodasorb, Granlox, ExtendAir, ХП-И.

Для использования в замкнутых системах жизнеобеспечения в ОАО «Корпорация "Росхимзащита"» разработан поглотитель на основе гидроксида кальция с добавкой гидроксида калия (3 % масс.) в виде гибкого листового материала толщиной около 1 мм с полимерным связующим — поливиниловым спиртом [3, 4]. Поглотитель имеет сорбционную емкость 140...170 дм³/кг,

что в 1,2–1,5 раза выше, чем у серийно выпускаемых поглотителей, не пылит и не выделяет вредных примесей в процессе эксплуатации. Необходимо спроектировать конструкцию системы очистки от CO₂, удобную для размещения на объекте и обеспечивающую беспрепятственный доступ воздуха на поверхность поглотителя, где в пленке щелочного водного раствора происходит процесс хемосорбции согласно реакций:



Экспериментальная часть

Для очистки воздуха от CO₂ спроектирован поглотительный блок в виде подвесной конструкции, представленный на рис. 1.

Поглотитель 1 в виде дисков, соединенных между собой с помощью силовых лент 2 и последовательно уложенных друг на друга, помещен в цилиндрический футляр для хранения 3. В случае аварии набор соединенных друг с другом дисков извлекается из корпуса футляра, подвешивается на крючок 4. При этом под действием силы тяжести диски раздвигаются с образованием зазора между ними для доступа воздуха. В процессе

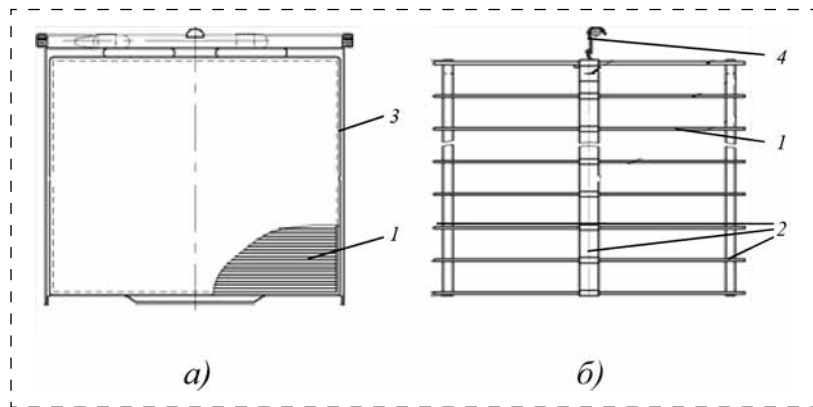


Рис. 1. Конструкция поглотительного блока при хранении (а) и при эксплуатации (б):

1 — поглотитель; 2 — силовая лента; 3 — футляр для хранения; 4 — крючок

хемосорбции на 1 моль поглощенного CO_2 выделяется 112,6 кДж теплоты [5], которая нагревает поверхность дисков поглотителя на 10...15 °С, как было установлено экспериментально. При этом воздухообмен осуществляется за счет естественной циркуляции из-за разницы плотностей воздуха различной температуры. Разработанная система не требует расхода дополнительной энергии, тем самым являясь энергосберегающей. На рис. 2 представлен внешний вид поглотительного блока.

Эксплуатационные характеристики разработанного изделия исследовали экспериментально в аккредитованном испытательном центре "Спиротехнотест" ОАО «Корпорация "Росхимзащита"» в сравнении с отечественным и зарубежным аналогами при одних и тех же условиях.

Отечественным аналогом является устройство для очистки воздуха от CO_2 при отсутствии электроэнергии [6], в котором химический поглотитель на основе гидроксида лития LiOH используется в виде перфорированных брикетов со сквозными отверстиями.

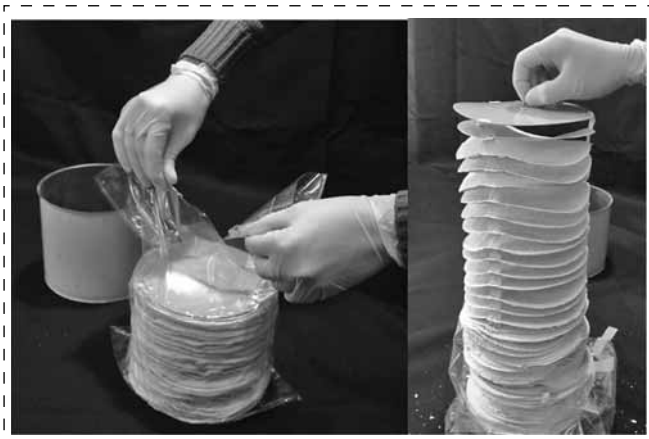


Рис. 2. Поглотительный блок

Зарубежный аналог — листовой химический поглотитель марки ExtendAir [7] на основе гидроксида кальция и полиэтилена в качестве полимерного связующего, разработанный фирмой Micropore Inc. (США).

Экспериментальные исследования проводили в испытательной камере объемом 6 м³ при объемной подаче CO_2 в камеру — 20 дм³/ч (имитация дыхания человека, находящегося в спокойном состоянии). Температура воздуха в камере поддерживалась равной 20 °С, относительная влажность воздуха 70 %, начальная объемная доля CO_2 в камере составляла 0,8 %. Испытания прекращались при достижении объемной доли

CO_2 в камере — 1,3 %.

Объем поглощенного CO_2 , дм³, находили расчетным путем

$$V = v (\phi_0/100 - \phi_n/100) + Q, \quad (3)$$

где v — объем испытательной камеры, дм³; ϕ_0 , ϕ_n — объемные доли CO_2 в камере в начале и конце испытания соответственно, %; Q — объем поданного CO_2 в камеру за все время испытания, дм³.

Скорость поглощения, дм³/ч, находили как объем поглощенного CO_2 за единицу времени:

$$w = \frac{V_i}{t_i}, \quad (4)$$

где t — время от начала проведения эксперимента, ч; i — единица времени.

Сорбционную емкость, дм³/кг, находили как объем CO_2 , который поглотил хемосорбент на единицу своей массы:

$$A = \frac{V}{m}, \quad (5)$$

где m — масса поглотителя в составе испытуемого изделия, кг.

Степень превращения α находили как долю прореагировавшего с CO_2 основного компонента поглотителя (Ca(OH)_2 или LiOH)

$$\alpha = \frac{A}{A^*}, \quad (6)$$

где A^* — стехиометрическая сорбционная емкость — объем CO_2 , который может поглотить сорбент, на единицу своей массы по химической реакции, дм³/кг.

Сравнивали конструкции с поглотителями, занимающими одинаковый объем (2,6 дм³) при хранении, так как наличие свободного объема является критичным для замкнутых объектов.

Результаты экспериментальных исследований представлены в таблице. На рис. 3 приведены сравнительные графики экспериментальных данных.

Результаты экспериментальных исследований

Как показали экспериментальные исследования, разработанное изделие поглотило CO_2 в 1,5 раза больше, чем брикеты на основе LiOH и в 2,3 раза больше, чем поглотитель ExtendAir. Время работы поглотительного блока также гораздо выше, чем у аналогов (см. таблицу).

При этом сорбционная емкость поглотителя в разработанном блоке и брикетов на основе LiOH примерно одинаковы, в то время как стехиометрическая емкость литиевого поглотителя значительно (в 1,4 раза) выше, чем у кальциевых поглотителей (см. таблицу). Высокая сорбционная емкость достигается за счет высокой степени превращения (0,61 у разработанного поглотителя по сравнению с 0,49 у брикетов на основе LiOH).

Кроме того, масса листовых поглотителей на основе $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в 1,7–1,8 раз выше, чем брикетов на основе LiOH , в составе изделий одинакового объема, что в данном случае имеет преимущество — более высокая плотность упаковывания поглотителя позволит более рационально использовать замкнутый объем.

Сорбционная емкость поглотителя ExtendAir в 2,5 раза меньше, чем у поглотителя в составе разработанного блока. В состав поглотителя ExtendAir входит гидрофобный газонепроницаемый полиэтилен, частично блокирующий его активную поверхность. Поглотитель в составе разработанного блока в качестве полимерного связующего содержит гидрофильный поливиниловый спирт, который способствует поддержанию влажности материала, необходимой для протекания процесса хемосорбции (реакции (1)–(2)), таким образом увеличивая его активность.

Как видно из рис. 3, а, при испытании брикетов на основе LiOH объемная доля CO_2 в камере на протяжении всего времени эксперимента не опускается ниже 0,8 %. Это объясняется тем, что

у литиевого поглотителя скорость поглощения (см. рис. 3, б) постоянна в течение всего эксперимента и несколько ниже скорости подачи CO_2 в камеру, за счет чего происходит линейное накопление CO_2 (см. рис. 3, а).

Процесс поглощения CO_2 разработанным блоком характеризуется высокой скоростью в начале испытаний, снижающейся по мере отработки поглотителя (см. рис. 3, б). При этом у поглотителя ExtendAir начальная скорость процесса, сопоставимая со скоростью разработанного блока, более интенсивно снижается за счет преждевременного высыхания продукта. Как показали результаты химического анализа, влажность поглотителя ExtendAir после испытаний составляет 5 %, а влажность поглотителя в составе разработанного блока — 13 %.

За счет высокой скорости поглощения достигается более длительное время работы разработанного поглотительного блока по сравнению с аналогами.

Объемная доля CO_2 в камере при испытании блока большую часть времени работы составляет менее 0,5 % (см. рис. 3, а), а это доказывает, что при использовании поглотительного блока будут созданы комфортные условия для дыхания человека в замкнутом объеме.

Кроме того, преимуществом разработанного поглотительного блока является безопасность для человека. Гидроксид лития, входящий в состав

Результаты экспериментальных исследований

Параметры	Разработанный поглотительный блок	Брикеты на основе LiOH	Поглотитель ExtendAir
m , кг	2,16	1,26	2,28
V , дм^3	318,6	210,6	136,1
t , ч	17,3	12,0	8,5
A , $\text{дм}^3/\text{кг}$	147,5	167,1	59,7
A^* , $\text{дм}^3/\text{кг}$	241	340	256
α	0,61	0,49	0,23

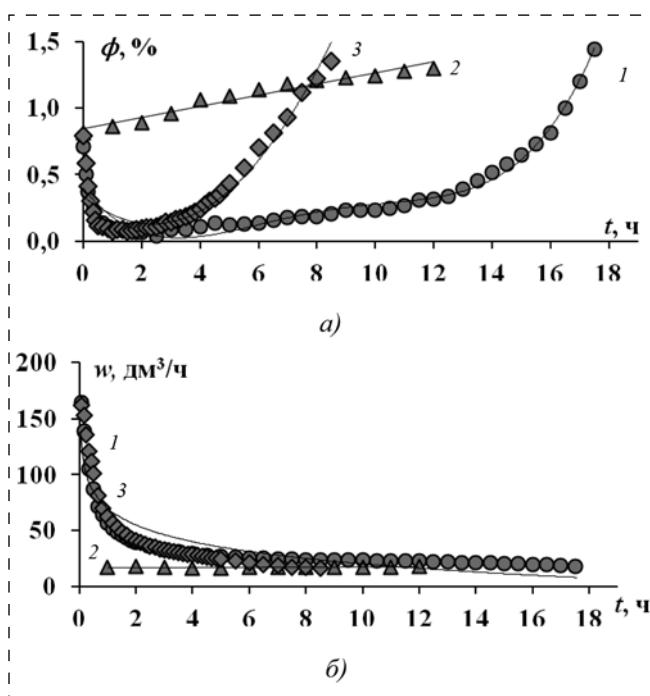


Рис. 3. Экспериментальные (а) и расчетные (б) кривые поглощения CO_2 :

1 — разработанного поглотительного блока; 2 — брикетов на основе LiOH ; 3 — поглотителя ExtendAir



поглотителей, и карбонат лития, являющийся продуктом взаимодействия с CO_2 , являются токсичными высокоопасными веществами, при контакте человека с которыми возникают ожоги, раздражение слизистых оболочек. Гидроксид и карбонат кальция — малоопасные вещества, практически не оказывают воздействие на организм человека.

Заклучение

Для удаления CO_2 , выдыхаемого человеком, в замкнутых системах жизнеобеспечения предложено использовать блок в виде подвесной конструкции, обеспечивающий при естественном воздухообмене беспрепятственный доступ CO_2 к поверхности листового известково-кальциевого поглотителя.

Исследования сорбционных характеристик, проведенные в замкнутом объеме при постоянной подаче CO_2 , показали, что разработанное изделие характеризуется более высокими эксплуатационными характеристиками по сравнению с аналогами — объемом поглощенного CO_2 , временем работы, скоростью поглощения, а также является более безопасным.

Список литературы

1. **Вишняков В. В., Меренов В. А.** Глубоководная водолазная техника. — Л.: Судостроение, 1982. — С. 71—75.
2. **Барманов Ю. И., Тырников А. А.** Средства защиты химического и инженерного вооружения. — М.: ВА им. Дзержинского, 1980. — С. 34—38.
3. **Суворова Ю. А.** Композиционные поглотители диоксида углерода с полимерным связующим: аппаратурно-технологическое оформление производства и кинетика хемосорбции: дис. ... канд. техн. наук. Тамб. гос. техн. университет. — Тамбов, 2015. — 207 с.
4. **Известковые хемосорбенты.** Получение. Свойства. Применение: Монография / Н. Ф. Гладышев, Т. В. Гладышева, С. И. Дворецкий, Ю. А. Суворова. — М.: Издательский дом "Спектр", 2015. — 184 с.
5. **Алексеевский Е. В.** Общий курс химии защиты. Ч. 2. Химические и физико-химические основы защиты. — М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1939. — 346 с.
6. **Патент РФ 2158148,** МПК А62В11/00. Устройство для очистки воздуха от диоксида углерода / В. Н. Золотарева, В. Г. Каверин, Ю. В. Канаев, Л. Э. Козадаев и др. — 1999.
7. **ExtendAir** CO_2 adsorbent. URL: www.extendair.com (дата обращения 10.03.2019).

Yu. A. Suvorova^{1, 2}, Senior Researcher, Associate Professor, **R. V. Dorohov¹**, Head of Laboratory, **A. A. Tarova¹**, Junior Researcher, **I. V. Ryazanov¹**, Engineer,

¹ Korporatsiya "Roskhimzashchita", Tambov

² Tambov State Technical University

Energy-Saving Carbon Dioxide air Purification System for Collective Protection Facilities

Sorbents based on hydroxides of alkali and alkaline-earth metals widely use at collective protection facilities for the chemical purification of air from CO_2 emitted by human. This article presents an energy-saving CO_2 removal system, based on a flexible sheet lime-calcium sorbent with a polymer binder. The air exchange required for supplying CO_2 to the surface of the sorbent, where the process of chemisorptions carried out, is due to natural circulation at different of density air's various temperatures. Experimental researches were carried out in a closed camera with a constant supply of CO_2 for assess the performance characteristics of the developed product. It was established, that the sorption characteristics of the sorbent in the composition of removal system are 1,5—2,3 times higher than that of the domestic and foreign counterparts. The sorption rates, the degree of transformation calculated. It was shown, that using of removal this system creates comfortable conditions for human breathing.

Keywords: carbon dioxide, chemisorptions, sheet sorbent, calcium hydroxide, sorption block, sorption capacity

References

1. **Vishnyakov V. V., Merenov V. A.** Glubokovodnaya vodolaznaya tekhnika. Leningrad: Sudostroenie, 1982. P. 71—75.
2. **Barmanov Yu. I., Tyrnikov A. A.** Sredstva zashchity himicheskogo i inzhenerного vooruzheniya — Moscow: VA im. Dzerzhinskogo, 1980. P. 34—38.
3. **Suvorova Yu. A.** Kompozitsionnye poglotiteli dioksida ugleroda s polimernym svyazuyushchim: apparaturno-tekhnologicheskoe oformlenie proizvodstva i kinetika hemosorbtsii: dissertatsiya kandidata tekhnicheskikh nauk. Tambovskoj gosudarstvennyj tekhnicheskij Universitet. Tambov, 2015. 207 p.
4. **Izvestkovye** hemosorbenty. Poluchenie. Svoystva. Primenenie: Monografiya. N. F. Gladyshev, T. V. Gladysheva, S. I. Dvoreckij, Yu. A. Suvorova. Moscow: Izdatel'skij dom "Spektr", 2015. 184 p.
5. **Alekseevskij E. V.** Obshchij kurs himii zashchity. Chast' 2. Himicheskie i fiziko-himicheskie osnovy zashchity. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo obronnoy promyshlennosti, 1939. 346 p.
6. **Patent RF 2158148,** CPC A62B11/00. Ustrojstvo dlya ochistki vozduha ot dioksida ugleroda / V. N. Zolotareva, V. G. Kaverin, Yu. V. Kanaev, L. Eh. Kozadaev et al. 1999.
7. **ExtendAir** CO_2 adsorbent. URL: www.extendair.com (date of access 10.03.2019).

УДК 661.746.5

Л. В. Новинюк, канд. техн. наук, науч. сотр., e-mail: vniipakk55@mail.ru,
П. З. Велизон, канд. техн. наук, мл. науч. сотр., Всероссийский научно-исследовательский институт пищевых добавок — филиал Федерального научного центра пищевых систем имени В. М. Горбатова РАН, Санкт-Петербург

Изучение сорбции ионов свинца (Pb^{2+}) на хитин- и хитозановых биополимерах, выделенных из мицелиальных отходов производства пищевой лимонной кислоты

Установлены высокие сорбционные характеристики (скорость сорбции и сорбционная емкость) биополимеров по отношению к ионам Pb^{2+} . Представлены изотермы сорбции и кинетические зависимости сорбции ионов Pb^{2+} на исследованных полиаминосахаридах. Показано, что наиболее высокой сорбционной способностью (до 0,6 ммоль/г по отношению к ионам Pb^{2+}) обладает биокомплекс "Хитоцит" за счет структурных особенностей и наличия высокоактивных функциональных аминогрупп. Отмечено, что результаты проведенных исследований позволят решать важные задачи по снижению техногенного воздействия на окружающую среду мицелиальных отходов производства пищевой лимонной кислоты и соединений свинца.

Ключевые слова: мицелиальные отходы, производство пищевой лимонной кислоты, хитин- и хитозановые биосорбенты, ионы Pb^{2+} , изотермы сорбции, кинетика сорбции

Введение

На стадии биосинтеза пищевой лимонной кислоты образуются в значительных объемах мицелиальные отходы гриба *Aspergillus niger* — продуцента кислоты. Так, на производстве мощностью 10 тыс. т кристаллической лимонной кислоты в год количество мицелия влажностью 70 % может составлять до 12 тыс. т. В нативном виде мицелиальная биомасса храниться не может, так как быстро подвергается микробиологической порче и разложению. Поэтому на предприятиях мицелий, как правило, сушат и используют в качестве кормовой добавки. Однако такой способ переработки мицелиальных отходов требует высоких энергозатрат. К тому же, наличие в мицелии феррацианидов, которые используются в процессе производства, представляет экологическую опасность, так как образующиеся при сушке выбросы в атмосферу могут содержать легколетучие цианиды.

В то же время известно, что в клеточной стенке гриба *Aspergillus niger* содержится ценный полиаминосахарид — хитин в виде хитинглюканового комплекса, представляющего собой сополимер хитина (поли-N-ацетил-1,4-D-глюкозамин) и глюкана (поли-1,4-D-глюкан) [1, 2]. Деацетилированием хитина получают хитозан — биоматериал нового поколения с широкими возможностями использования в различных областях биотехнологии, медицины, пищевой промышленности [3].

Хитин и его производные являются перспективными сорбентами, так как имеют в своем составе высокоактивные функциональные аминогруппы, способные сорбировать тяжелые металлы и радионуклиды [4—7]. Важно, что эти природные биополимеры полностью биоразлагаемы и безопасны для человека и окружающей среды.

Защита окружающей среды от загрязнения ионами тяжелых металлов, прежде всего, соединениями свинца, которые относятся к потенциально опасным канцерогенным веществам, представляет собой важную задачу для обеспечения безопасности жизнедеятельности и требует эффективного решения. В связи с этим изучение сорбции ионов свинца на хитин- и хитозановых комплексах имеет научный и практический интерес с учетом важности решения экологической задачи по утилизации мицелиальных отходов производства пищевой лимонной кислоты.

Цель данной работы заключается в изучении сорбционной способности выделенных из мицелиальных отходов производства пищевой лимонной кислоты хитин- и хитозановых биокомплексов по отношению к ионам Pb^{2+} .

Объекты и методы исследований

Объектами исследования являются мицелиальные отходы производства пищевой лимонной кислоты и полученные из мицелиальной

биомассы по разработанной технологии хитин- и хитозановые сорбенты [8–9]. Исследования по получению хитин- и хитозановых соединений из мицелиальных отходов проводили в термостатированном аппарате, обеспечивая регулирование температуры и эффективный массообмен при перемешивании. Хитинглюкановый комплекс (ХГК) выделяли путем депротеинизации и деминерализации с последующим удалением продуктов гидролиза сопутствующих белковых соединений, липидов, пигментов и минеральных веществ. При деацетилировании ХГК осуществлен синтез хитозанглюканового комплекса (ХТЗ ГК). Степень деацетилирования составила от 82 до 95 %. Из ХТЗ ГК экстрагированием кислоторастворимой фракции и выделения осаждением щелочным раствором получен сорбционноактивный комплекс "Хитоцит".

Оценку сорбционной емкости исследуемых хитин- и хитозансодержащих образцов по отношению к ионам Pb^{2+} проводили из водных растворов азотнокислого свинца с различной концентрацией. Определение концентрации ионов Pb^{2+} осуществляли фотокolorиметрическим сульфидным методом, измеряя оптическую плотность на спектрофотометре при длине волны $\lambda = 500$ нм. Остаточное содержание Pb^{2+} после сорбции определяли по калибровочной кривой зависимости оптической плотности раствора азотнокислого свинца от концентрации в нем ионов свинца.

Равновесную сорбционную емкость по отношению к ионам Pb^{2+} определяли по разности концентраций Pb^{2+} в растворе до и после сорбции:

$$a = \frac{(c_0 - c_p)V}{207,2m},$$

где a — равновесное количество адсорбированного вещества, ммоль/г; c_0 и c_p — соответственно исходная и равновесная концентрации ионов Pb^{2+} , мг/см³; V — объем раствора азотнокислого свинца, см³; 207,2 — масса, соответствующая 1 ммольу Pb^{2+} , мг; m — масса сорбента, г.

Результаты исследования

Изучение сорбционных свойств, полученных из мицелиальных отходов образцов ХГК, ХТЗ ГК и сорбционноактивного комплекса "Хитоцит", показало, что они обладают высокой сорбционной способностью по отношению к ионам Pb^{2+} . По результатам экспериментальных исследований построены изотермы сорбции, устанавливающие зависимость величины равновесной сорбции (a , ммоль/г) от концентрации сорбата. Анализ изотерм адсорбции (рис. 1) показывает, что сорбционная способность ХТЗ ГК значительно выше,

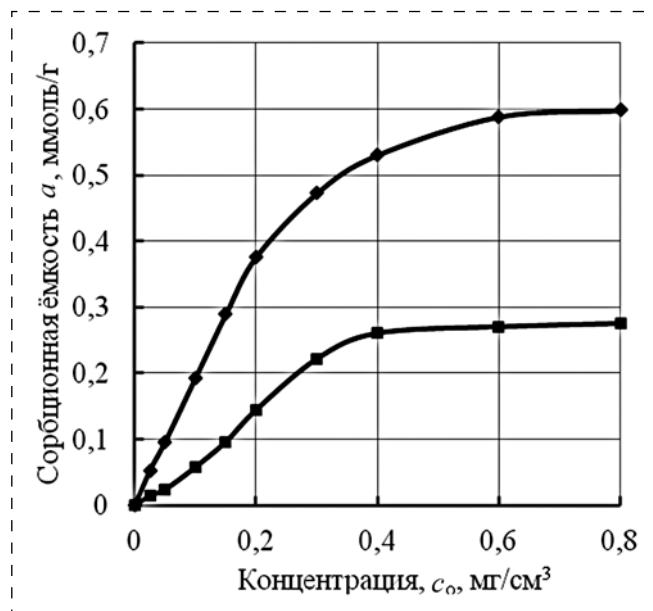


Рис. 1. Изотермы сорбции ионов Pb^{2+} :
■ — ХГК; ◆ — ХТЗ ГК

чем ХГК, но гораздо ниже сорбционной емкости "Хитоцита".

Низкая сорбционная емкость ХГК связана со структурными стерическими факторами, обусловленными наличием ацетильных групп ($-COCH_3$), затрудняющими доступ ионов сорбата (Pb^{2+}) к функциональным центрам вторичных аминогрупп ($-NHCOCH_3$). В результате реакции деацетилирования ХГК происходит замена вторичных аминогрупп на более сорбционно-активные — первичные ($-NH_2$) аминогруппы, что приводит к возрастанию сорбционной емкости до 0,6 ммоль/г. Высокая сорбционная емкость "Хитоцита" (рис. 2), вероятно, объясняется технологическими особенностями получения сорбционноактивного комплекса, что позволило обеспечить практически полную доступность сорбата к реакционноспособным функциональным группам сорбента и максимально реализовать его сорбционную способность.

Изучение кинетики сорбции ионов Pb^{2+} позволило установить, что адсорбционное взаимодействие достаточно интенсивно протекает на сорбционноактивном комплексе "Хитоцит" (рис. 3). Равновесие в системе "ион металла — сорбент" достигается практически за 20...30 мин при интенсивном перемешивании. Такой характер кинетической зависимости, когда происходит быстрое насыщение активных центров, позволяет сделать предположение о механизме сорбции, основанном на доминировании стадии химической реакции между сорбируемыми ионами

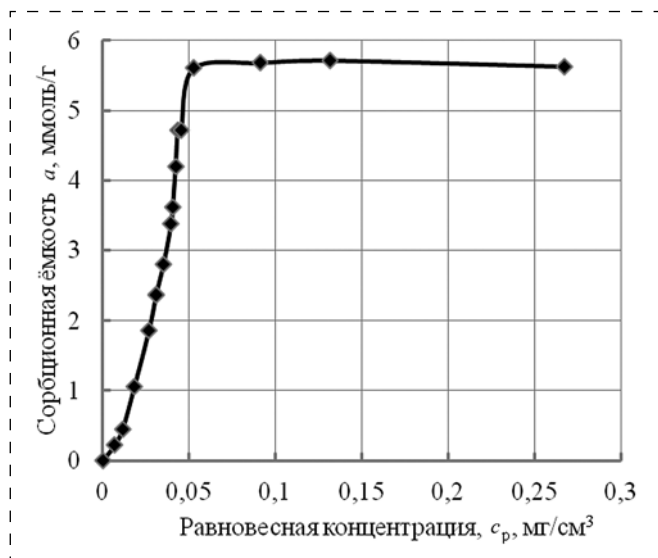


Рис. 2. Изотерма сорбции ионов Pb^{2+} на сорбционноактивном комплексе "Хитоцит"

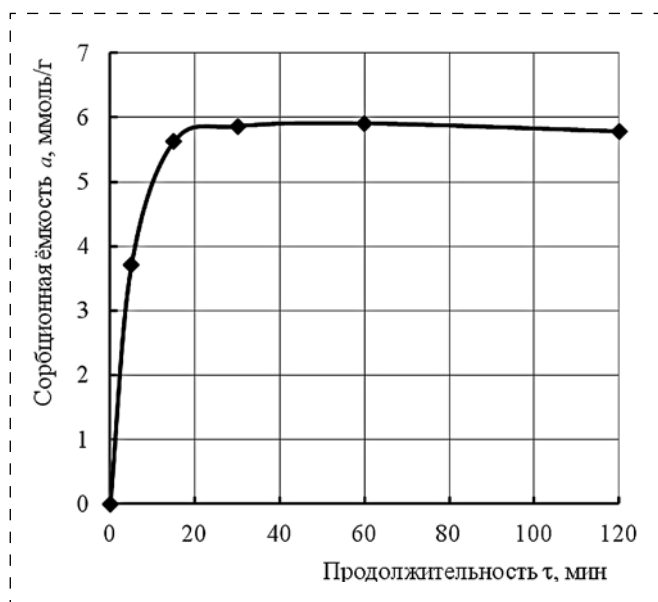


Рис. 3. Кинетика сорбции ионов Pb^{2+} на сорбционноактивном комплексе "Хитоцит"

Pb^{2+} и функциональными группами сорбента с образованием хелатных комплексов.

Заключение

Проведенные исследования по оценке сорбционной способности хитин- и хитозановых

биополимеров, выделенных из мицелиальной массы гриба *Aspergillus niger*, позволили установить, что они обладают высокой сорбционной емкостью по отношению к ионам свинца. Наиболее высокую емкость имеет комплекс "Хитоцит" благодаря структурным особенностям и наличию высокоактивных функциональных аминогрупп.

Получение сорбционноактивных материалов из мицелиальных отходов производства лимонной кислоты позволяет эффективно решать экологические вопросы по снижению техногенного воздействия на окружающую среду за счет их утилизации и использования для извлечения из аквасистем ионов свинца.

Список литературы

1. **Феофилова Е. П.** Клеточная стенка грибов. — М.: Наука. 1983. — 248 с.
2. **Феофилова Е. П., Немцев Д. В., Терешина В. М., Меморская А. С.** Состав и содержание хитингликанового комплекса в онтогенезе гриба *Aspergillus niger* // Прикладная биохимия и микробиология. — 2006. — Т. 42. — № 6. — С. 624—629.
3. **Хитин и хитозан.** Получение, свойства и применение / Под ред. К. Г. Скрябина, Г. А. Вихоревой, В. П. Варламова. — М.: Наука, 2002. — 368 с.
4. **Mukhopadhyay M., Noronha S. B., Suraishkumar G. K.** A review on experimental studies of biosorption of heavy metals by *Aspergillus niger* / The Canadian Journal of Chemical Engineering. — 2011. — Vol. 89. — No. 4. — P. 889—900.
5. **Viraraghavan T., Srinivasan A.** Fungal biosorption and biosorbents // Microbial Biosorption of Metals. Springer Netherlands. — 2011. — No. 11. — P. 143—158.
6. **Новинюк Л. В., Велизон П. З., Кулев Д. Х.** Сорбционные свойства хитин- и хитозангликановых биоконплексов, выделенных из мицелиальной биомассы гриба *Aspergillus niger* // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. — 2017. — Т. 7. № 2 (21). — С. 64—71.
7. **Новинюк Л. В., Кабанов В. Л., Доильницын В. А., Артемьева О. А.** Хитин- и хитозангликановые биосорбенты из мицелиальной массы гриба *Aspergillus niger* // Изв. С-Пб. гос. технол. ин-та (техн. ун-та). — 2018. — № 44 (70). — С. 75—78.
8. **Новинюк Л. В., Кулев Д. Х., Велизон П. З., Шарова Н. Ю.** Выделение хитин- и хитозангликановых биополимеров из мицелиальных отходов производства лимонной кислоты // Пищевая промышленность. — 2016. — № 11. — С. 30—31.
9. **Novinyuk L. V., Kulyov D. Kh., Negrutza I. V., Velinzon P. Z.** Sorption Capacity of Chitin and Chitosan-Glucan Biopolymers // Chemistry Research Journal. — 2017. — Vol. 2, No. 5. — P. 51—57.



L. V. Novinyuk, Researcher, e-mail: vniipakk55@mail.ru, P. Z. Velinzon, Junior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Food Additives — Branch of the Federal Research Center for Food Systems named after V. M. Gorbатов of Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg

The Study of the Sorption of Lead Ions (Pb^{2+}) on Chitin- and Chitosan Biopolymers Isolated from Mycelial Wastes of Food Citric Acid Production

The aim of the work is to study the sorption of Pb^{2+} ions on chitin- and chitosan biosorbents isolated from mycelial waste from the production of food citric acid. High sorption characteristics (sorption rate and sorption capacity) of these sorbents with respect to Pb^{2+} ions have been established. Sorption isotherms and kinetic dependences of the sorption of Pb^{2+} ions on the studied polyaminosaccharides are presented. It was shown that the biocomplex "Chitocyte" has the highest sorption capacity (up to 0.6 mmol/g with respect to Pb^{2+} ions) due to its structural features and the presence of highly active functional amino groups. The results of the research will allow to solve important problems of reducing the anthropogenic impact on the environment of mycelial waste from the production of food citric acid and lead compounds.

Keywords: mycelial waste, edible citric acid production, chitin- and chitosan biosorbents, Pb^{2+} ions, sorption isotherms, sorption kinetics

References

1. Feofilova E. P. Kletochnaya stenka gribov. Moscow: Nauka, 1983. 248 p.
2. Feofilova E. P., Nemcev D. V., Teryoshina V. M., Memor-skaya A. S. Sostav i sodержanie hitinglyukanovogo kompleksa v ontogeneze griba Aspergillus niger. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 2006. Vol. 42, No. 6. P. 624—629.
3. Hitin i hitozan. Poluchenie, svoystva i primeneniye. Pod redakciey K. G. Skryabina, G. A. Vihorevoj, V. P. Varlamova. Moscow: Nauka, 2002. 368 p.
4. Mukhopadhyay M., Noronha S. B., Suraishkumar G. K. A review on experimental studies of biosorption of heavy metals by Aspergillus niger. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*. 2011. Vol. 89, No. 4. P. 889—900.
5. Viraraghavan T., Srinivasan A. Fungal biosorption and biosorbents. *Microbial Biosorption of Metals*. Springer Netherlands. 2011. P. 143—158.
6. Novinyuk L. V., Velinzon P. Z., Kulyov D. H. Sorbcionnye svoystva hitin- i hitozanglyukanovykh biokompleksov, vydelennykh iz micelial'noj biomassy griba Aspergillus niger. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya himiya i biotekhnologiya*. 2017. Vol. 7. No. 2 (21). P. 64—71.
7. Novinyuk L. V., Kabanov V. L., Doil'nicyn V. A., Artem'eva O. A. Hitin- i hitozanglyukanovye biosorbenty iz micelial'noj massy griba Aspergillus niger. *Izvestiya Saint-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta (tekhnicheskogo universiteta)*. 2018. No. 44 (70). P. 75—78.
8. Novinyuk L. V., Kulyov D. H., Velinzon P. Z., Sharova N. Yu. Vydelenie hitin- i hitozanglyukanovykh biopolimerov iz micelial'nykh othodov proizvodstva limonnoj kisloty. *Pishchevaya promyshlennost'*. 2016. No. 11. P. 30—31.
9. Novinyuk L. V., Kulyov D. Kh., Negrutsa I. V., Velinzon P. Z. Sorption Capacity of Chitin and Chitosan-Glucan Biopolymers. *Chemistry Research Journal*. 2017. Vol. 2, No. 5. P. 51—57.



Россия, Екатеринбург

Безопасность. Охрана труда 2019

21-я Специализированная выставка

19.11.2019—21.11.2019 г.г.

Место проведения: ЦМТЕ (Центр Международной Торговли Екатеринбург)

Тематические разделы выставки:

- Пожарная безопасность;
- Средства спасения;
- Экологическая и промышленная безопасность;
- Безопасность дорожного движения;
- Безопасность и охрана труда;
- Специальная одежда.

Организаторы: Уральские выставки, ЗАО

<https://www.uv66.ru/>

УДК 378

Е. Н. Симакова, канд. пед. наук, доц., e-mail: simakova_en@bmstu.ru,
И. И. Старостин, канд. техн. наук, доц., **А. В. Бондаренко**, ст. преп.,
Н. А. Гапонюк, доц., Московский государственный технический университет
имени Н. Э. Баумана, **М. В. Коновалова**, руководитель отдела охраны труда,
ГК "Экостандарт"

Опыт организации и проведения производственной (преддипломной) практики бакалавров на кафедре "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана

Статья является продолжением серии публикаций об организации и проведении практик на кафедре "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана. В статье представлен имеющийся опыт реализации программы проведения производственной (преддипломной) практики бакалавров соответственно с собственным установленным образовательным стандартом — СУОС МГТУ им. Н. Э. Баумана. Рассмотрены изменения основных требований к проведению всех видов практик для бакалавров в соответствии с ФГОС ВО 3 и ФГОС ВО 3+, а также проекта нового документа ФГОС ВО 3++.

Ключевые слова: *техносферная безопасность, бакалавр, преддипломная практика, производственная практика, выпускная квалификационная работа, Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, основная образовательная программа, профиль подготовки бакалавров*

Введение

Современная система образования на сегодняшний день в высшей школе ориентирована на запросы рынка труда. Но каким образом определить эти запросы и как узнать, что требует рынок труда и что просит работодатель — вся информация по этой теме представлена в профессиональных стандартах. Для направления "Техносферная безопасность" — это стандарты специалистов по охране труда, по экологической безопасности, специалистов в области пожарной безопасности и др. [1, 2].

Анализ профессиональных стандартов показывает, что заинтересованность работодателя проявляется именно в процессе формирования практических навыков дальнейшей трудовой (профессиональной) деятельности [3, 4]. В настоящее время одни только "голые знания" никого не интересуют, нужны практические навыки. Сегодня невозможно подготовить грамотного бакалавра без практического ознакомления с деятельностью

реального предприятия, научно-исследовательского или проектного института, лаборатории, относящихся к сфере его будущей профессиональной деятельности. В выпускной квалификационной работе (ВКР) необходимо показать сформированную компетентность в профессиональной области, умение применять знания для решения профессиональных задач.

При обучении значимым видом образовательной деятельности являются практики двух видов — учебная и производственная, в том числе преддипломная. Это подтверждается усилением роли практики в линейке ФГОС по "Техносферной безопасности".

Сегодня МГТУ им. Н. Э. Баумана имеет право подготовки по собственным установленным образовательным стандартам (СУОС МГТУ им. Н. Э. Баумана), в которых роль практики усилена относительно ФГОС ВО [2, 5]. В СУОС заложены требования, на основании которых разработаны и внедрены основные профессиональные образовательные программы, включающие



в себя, в том числе учебный план, календарный план, программы практик с перечнем результатов образования в виде компетентностных моделей.

Значимость практики для подготовки бакалавров. Анализ основных образовательных программ (основных профессиональных образовательных программ) бакалавриата: ФГОС ВПО, ФГОС ВО 3+ и ФГОС ВО 3++

По направлению подготовки 20.03.01 "Техносферная безопасность" у бакалавров в соответствии с ФГОС раздел "Учебная и производственная практики" является обязательным и представляет собой вид учебных занятий, непосредственно ориентированных на профессионально-практическую подготовку обучающихся.

Базовые требования ко всем видам практик формируются ФГОС. Значимость практик очевидна, именно практика является важным элементом профессиональной подготовки будущих специалистов. С каждым новым переходом на последующее поколение ФГОС менялись и требования к практикам. В таблице отражена динамика изменения практик при учете всей линейки Федеральных Стандартов по направлению "Техносферная безопасность", в том числе и проекта.

Значимость практики растет и в формировании компетенций как результата обучения, и это иллюстрируется принимаемыми документами. Если рассмотреть разделы, посвященные практике, начиная с одной из первых основных образовательных программ бакалавриата ФГОС ВПО 3-го поколения, то в разделе "Учебная и производственная практики" было указано, что практика является обязательной и представляет собой вид учебных занятий, непосредственно ориентированных на профессионально-практическую подготовку обучающихся. Но конкретные виды практик самостоятельно определяются основной образовательной программой (ООП) вуза. Цели и задачи, программы и формы отчетности также определялись вузом по каждому виду практики. Практики могли проводиться в сторонних организациях [6, 7] или на кафедрах и в лабораториях вуза (учебная практика) [8], обладающих необходимым кадровым и научно-техническим потенциалом, весь перечень практик появился во ФГОС ВО 3+.

Во ФГОС ВО 3+ вводится в обязательном порядке проведение преддипломной практики, а это является исключительно важным положительным

аспектом версии данного стандарта. Если сравнить трудоемкость практики с ФГОС ВПО и ФГОС ВО 3+, то в первом не представлялась возможность включить в график учебного процесса преддипломную практику, что в значительной мере отражалось на качестве образования.

В связи с вышеперечисленным, производственное обучение является одной из важнейших составляющих подготовки бакалавров по направлению 20.03.01 "Техносферная безопасность", единым и самостоятельным видом учебного процесса, позволяющим проводить подготовку студентов к осознанному и углубленному изучению общепрофессиональных и специальных дисциплин.

ФГОС ВО 3+ представлен блочной структурой программы бакалавриата, Блок "Практики" в полном объеме относится к вариативной части программы. В данном документе также появляется классификация учебных и производственных практик и варианты их проведения (см. таблицу).

Выделенная в видах производственных практик преддипломная практика проводится с целью ознакомления с деятельностью предприятия (производственного подразделения), определенного темой выпускной квалификационной работы (ВКР), сбор, обработка и анализ полученных данных, а также приобретение практических знаний, умений и навыков управления работой по обеспечению техносферной безопасности, отвечающих требованиям компетенций СУОС и необходимых для профессиональной деятельности, способствует выполнению выпускной квалификационной работы и является обязательной.

Но организация вправе предусмотреть в программе бакалавриата иные типы практик дополнительно к установленным ФГОС ВО 3+. Допускается проведение учебной и (или) производственной практики в структурных подразделениях организации. В программе ФГОС ВО 3+ появились требования к материально-техническому и учебно-методическому обеспечению, и требования к финансовым условиям реализации данных программ.

В ближайшее время все вузы должны будут перейти на программу ФГОС ВО 3++, согласно которой на объем Блока "Практика" будет отводиться не менее 17 зачетных единиц. Согласно этому стандарту примерные основные образовательные программы (ООП) могут устанавливать типы практики в дополнение к указанным выше.

Динамика изменения практик при учете всей линейки ФГОС ВО по направлению "Техносферная безопасность"

№	Стандарт Направление подготовки	Виды практик	Трудоемкость, зачетные единицы
1	ФГОС ВПО 207000	Учебная и производственная	12–15
2	ФГОС ВО 3+ 20.03.01	Учебная и производственная, в том числе преддипломная Типы учебной практики: практика по получению первичных профессиональных умений и навыков — на выбор вуза; научно-исследовательская деятельность; Типы производственной практики: технологическая практика; педагогическая практика; научно-исследовательская работа	15–21
3	ФГОС ВО 3++ (проект) 20.03.01	Учебная и производственная Типы учебной практики: учебно-ознакомительная практика; учебно-технологическая (проектно-технологическая) практика; проектно-конструкторская практика (инженерный практикум); учебно-эксплуатационная практика; НИР (получение первичных навыков научно-исследовательской работы). Типы производственной практики: технологическая (проектно-технологическая) практика; эксплуатационная практика; преддипломная практика; научно-исследовательская работа	Не менее 17

Организациям будет разрешено выбирать один или несколько типов учебной практики и один или несколько типов производственной практики из перечня, приведенного в таблице, или из установленных ПООП (при наличии), также будет разрешено:

устанавливать дополнительный тип (типы) учебной и (или) производственной практик;

устанавливать объемы практик каждого типа.

В рамках программы бакалавриата будут выделены обязательная часть и часть, формируемая участниками образовательных отношений.

К обязательной части программы бакалавриата относятся дисциплины (модули) и практики, обеспечивающие формирование всех универсальных компетенций, всех общепрофессиональных компетенций, а также профессиональных компетенций, установленных ПООП в качестве обязательных (при наличии).

Организация будет вправе самостоятельно планировать результаты обучения по дисциплинам (модулям) и практикам, которые должны быть соотнесены с установленными в программе бакалавриата индикаторами достижения компетенций.

А совокупность запланированных результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам должна обеспечивать формирование у выпускника всех универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций, установленных программой бакалавриата.

Анализ СУОС МГТУ им. Н. Э. Баумана

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт (СУОС) МГТУ им. Н. Э. Баумана разработан по требованиям, которые выделяют к повышению качества образования по СУОС в целях:

- повышения конкурентоспособности образовательных программ на российском и международном рынке образовательных услуг;
- согласования содержания и условий реализации образовательных программ со стратегическими целями и реализации задач, сформулированных в программе развития по приоритетным направлениям науки, техники и технологий Российской Федерации, с учетом потребностей высокотехнологичных отраслей экономики в подготовке кадров высшей квалификации;
- повышения качества образования за счет расширения требований, предъявляемых к содержанию образовательных программ, результатам обучения, финансовому, кадровому и материально-техническому обеспечению учебного процесса.

К отличиям СУОС от ФГОС ВО 3+ следует отнести следующее:

- дополнен перечень образовательных технологий, которые должны применяться в процессе обучения, в соответствии с требованиями



международных стандартов инженерного образования;

- расширен перечень объектов профессиональной деятельности выпускников образовательных программ;
- введены собственные общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции.

Практики относятся к вариативной части программы бакалавриата и определяют направленность (профиль) программы. Содержание Блока "Практики" определяется структурным подразделением МГТУ им. Н. Э. Баумана, реализующим основную профессиональную образовательную программу (ОПОП) самостоятельно в объеме, установленном стандартом. После выбора обучающимся направленности (профиля) программы набор соответствующих практик (в том числе НИР) становится обязательным для освоения обучающимся.

В Блок "Практики" входят учебная, производственная (в том числе преддипломная) практики. Учебная практика проводится в целях получения первичных профессиональных умений и навыков и может включать в себя следующие типы: практикумы — учебно-технологический, конструкторско-технологический, лабораторно-вычислительный, лабораторно-конструкторский, лабораторно-технологический, по программированию, учебно-вычислительный, вычислительный, учебный, лабораторный, педагогический, по компьютерному моделированию и др.; практики — учебная, учебно-технологическая, учебно-технологическая по инфокоммуникационным системам и сетям, учебная по программированию, информационно-компьютерная и др.

Производственная практика проводится в целях получения профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности и может включать в себя следующие типы: практикумы — инженерный и др.; практики — вычислительная (ознакомительная), научно-исследовательская, конструкторская, конструкторско-технологическая, проектно-конструкторская, лабораторно-вычислительная по интернет-технологиям, медико-техническая, ознакомительная, организационно-технологическая, производственная (ознакомительная), производственная (технологическая), производственная, производственно-технологическая, расчетно-проектировочная, технологическая, учебно-производственная, эксплуатационная, производственно-научная, преддипломная и др.

При проектировании ОПОП кафедры, реализующие данные программы, выбирают конкретные типы, формы, объемы, цели, задачи и содержание практики в зависимости от вида (видов) деятельности, на который (которые) ориентирована образовательная программа.

Требования к организации практики регламентируются локальными нормативными актами МГТУ им. Н. Э. Баумана: ПОЛОЖЕНИЕ "О порядке организации и проведения практики студентов МГТУ им. Н. Э. Баумана, обучающихся по основным образовательным программам бакалавриата, специалитета, магистратуры", представленном на сайте университета.

Все виды практики (учебная и производственная) являются обязательной частью ОПОП, считаются одной из форм организации учебного процесса и могут проводиться в МГТУ им. Н. Э. Баумана.

Основная профессиональная образовательная программа бакалавриата должна обеспечивать высокое качество профессиональной подготовки обучающихся и воспитание личности квалифицированного работника — лидера инновационной промышленности.

Материально-техническая, экспериментальная, научно-исследовательская, стендовая базы, расположенные на территориях базовых предприятий и загородных баз, должны обладать условиями для проведения практик.

Для оценки качества освоения программ бакалавриата, ответственность за обеспечение качества подготовки обучающихся при освоении программ бакалавриата, получения обучающимися требуемых результатов обучения несет вуз. В связи с этим вуз гарантирует качественную подготовку обучающихся, в том числе путем:

- разработки стратегии по обеспечению качества подготовки выпускников с привлечением представителей работодателей;
- мониторинга и периодического рецензирования образовательных программ;
- разработки объективных процедур оценки уровня знаний и умений обучающихся, компетенций выпускников.

Организация практик по направлению "Техносферная безопасность" на кафедре "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана

Кафедра "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана осуществляет подготовку бакалавров по направлению 20.03.01



Рис. 1. Виды практик

"Техносферная безопасность" по трем профилям подготовки: "Безопасность жизнедеятельности в техносфере", "Инженерная защита окружающей среды" и "Безопасность в чрезвычайных ситуациях". Согласно действующим ОПОП всех профилей подготовки бакалавров, кафедрой "Экология и промышленная безопасность" предусмотрены виды практик, перечисленные на рис. 1.

Учебно-технологический практикум проводится на первом году обучения кафедрой "Технология обработки материалов". Полученные знания и навыки дают студентам представление о технологических процессах, безопасной эксплуатации обрабатывающего оборудования.

Инженерный практикум и все виды производственных практик проводятся на кафедре "Экология и промышленная безопасность", на предприятиях и в организациях по направлениям подготовки бакалавров соответственно на втором, третьем и четвертом годах обучения [9–11]. При этом на четвертом курсе бакалавры уже обучаются по профилям подготовки в соответствии с их будущей профессией.

Производственная (преддипломная) практика на кафедре

При прохождении производственной (преддипломной) практики (далее по тексту — преддипломная), студенты-бакалавры знакомятся с возможными видами профессиональной деятельности, регламентируемыми действующими профессиональными стандартами, студенты выполняют работу именно по тем функциям, которые эти стандарты задают. Они знакомятся с принципами, методами и средствами, т. е. с логическими этапами обеспечения инженерными решениями

безопасности и экологичности отдельных типов производств или конкретных условий деятельности, параллельно идет сбор материалов для ВКР. Преддипломная практика в познавательном плане является обобщающей по отношению к навыкам и умениям, полученным на предыдущих практиках. По итогам практики в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32—2017 (на оформление научно-исследовательских работ) оформляется и защищается отчет по НИР с выставлением дифференцированной оценки [8].

При прохождении практики планируется формирование перечисленных ниже профессиональных компетенций, предусмотренных основной профессиональной образовательной программой на основе СУОС по направлению подготовки 20.03.01 "Техносферная безопасность" бакалавров по всем профилям подготовки.

- способность самостоятельно разрабатывать и использовать графическую документацию с использованием современных систем автоматизированного проектирования;
- способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности;
- способность принимать участие в установке (монтаже), эксплуатации средств защиты;
- способность организовывать и проводить техническое обслуживание, ремонт, консервацию и хранение средств защиты, контролировать состояние используемых средств защиты, принимать решения по замене (регенерации) средств защиты.

На преддипломную практику отводится две недели по окончании теоретического обучения бакалавров в последнем (восьмом) семестре, когда уже определена тема ВКР. Базой практики



являются как сторонние организации, деятельность которых соответствует тематике выбранного проекта, так и специализированные лаборатории кафедры, обладающие необходимым кадровым и научно-техническим потенциалом (лаборатории водоподготовки и очистки стоков, технической акустики, защиты воздушной среды, фильтров и фильтроматериалов, кафедральный научно-учебный центр управления кризисными ситуациями (НУ ЦУКС). Базы специализированных лабораторий и НУ ЦУКС используются для студентов, проявивших интерес к научно-исследовательской работе.

При организации преддипломной практики, выборе темы ВКР учитывается, что на четвертом курсе бакалавры обучаются по соответствующему профилю подготовки и их будущая специализация уже определена, а также то, что ряд студентов уже работают по специальности на производстве и могут использовать опыт и материалы, полученные при этом, для написания своего диплома. Собранные материалы и выполненные на их основе отчеты по практикам, как правило, имеют более высокий уровень. В 2017–2018 учебном году в число таких предприятий входили московские организации: ЗАО "КРУК" (пищевая промышленность), ООО "ЦНИС НИИЖБ-ПОЛИГОН" (испытательная пожарная лаборатория), НПК "Медиана-Фильтр", ФГУП "ЦНИИМАШ" (производственные комплексы), АО "АКРИХИН" (фармацевтическое производство) и предприятие ядерного топливного цикла ПАО "Машиностроительный завод" (ПАО "МСЗ").

Например, в отчете, представленном студентом Багдатьяевым А. Д., "Актуальные вопросы обеспечения ядерной безопасности на предприятиях ядерного топливного цикла" по ПАО "МСЗ" крупнейшего Российского производителя топлива для атомных электростанций с реакторами РМБК, ВВЭР-440/1000, БН-600/800, ЭГП-6, РWR, ВWR и исследовательскими реакторами, профессионально рассмотрен ряд проблемных вопросов в этой области и наглядно показаны способы возможного их решения, которые могут быть полезны и для других предприятий ядерного топливного цикла. К числу таких вопросов отнесены следующие проблемы.

1. Актуализация и улучшение мероприятий по обучению персонала действиям в случае возникновения аварийных ситуаций.

2. Совершенствование аварийной сигнализации с использованием перспективных опытных образцов датчиков, исключающих ложные

срабатывания и применение компьютерной системы оповещения.

3. Автоматизация контроля параметров ядерной безопасности на различных технологических этапах.

4. Расчет надежности оборудования с применением программной среды MCNP (Monte Carlo N-Particle Transport Code) для обеспечения безопасности его работы.

К числу постоянных баз практики, с которыми сотрудничает кафедра на протяжении последних лет, относятся такие организации, как Курьяновские очистные сооружения МГП "Мосводоканал" (рис. 2 — см. 4-ю стр. обложки), завод № 4 по термическому обезвреживанию твердых бытовых отходов МГУП "ЭкоТехПром", специализированное предприятие "Экоцентр" ГБУ "Промотходы", Национальный центр управления в кризисных ситуациях МЧС РФ (НЦУКС МЧС РФ) (рис. 3 — см. 4-ю стр. обложки), ГК "Экостандарт".

Совместно с ГК "Экостандарт" кафедрой была разработана методика организации и проведения преддипломной практики, в процессе которой проводится анкетирование и тестирование будущих практикантов.

Тестирование позволяет распределить студентов в группы по направлениям работы, чтобы сделать практику соответствующей их интересам и уровню знаний, а также осуществить сбор данных в соответствии с тематикой выпускных квалификационных работ. Таким образом, определяются направления и объекты практики.

В процессе практики студенты получают комплексные знания о составе работ и функциях специалиста выбранного направления. Так, например, в отделе охраны труда практикант знакомится с разрабатываемой документацией по охране труда, с процедурами проведения обучения, инструктажа. Практиканты выезжают на объекты, где практически выполняют необходимые работы.

В отделе специальной оценки условий труда студенты знакомятся с процедурой проведения СОУТ и соответствующей нормативной базой, а также с программным обеспечением для оформления результатов. Практиканты в реальных условиях обучаются работе с оборудованием для измерения шума, вибрации, электромагнитных полей, параметров освещения, микроклимата и др.

Результатами практики являются полученные студентами в ходе ознакомительного периода знания и навыки, а также необходимый для выполнения выпускной квалификационной работы

материал. Кроме того, в процессе практики в ГК "Экостандарт" студенты могут проходить стажировку, по итогам которой практиканту выдается сертификат о прохождении обучения по охране труда или методам проведения измерений.

Список литературы

1. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования. URL: <http://fgosvo.ru/> (дата обращения 15.04.2019).
2. Симакова Е. Н., Гапонюк Н. А., Шалпегин О. Н. Актуализация ФГОС ВО по направлению "Техносферная безопасность" с учетом требований профессиональных стандартов // Безопасность жизнедеятельности. — 2015. — № 7 (175). — С. 59—67.
3. Девисилов В. А., Симакова Е. Н. Актуализация Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по направлению "Техносферная безопасность". Часть II — Магистратура // Безопасность в техносфере. — 2017. Т. 6. — № 2. — С. 69—79.
4. Александров А. А., Девисилов В. А., Симакова Е. Н. Проекты Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования по направлению "Техносферная безопасность" // Безопасность в техносфере. — 2013. — № 4. — С. 49—70.
5. Девисилов В. А., Симакова Е. Н. Актуализация образовательных стандартов по направлению "Техносфер-

- ная безопасность": проекты стандартов и проблемы их реализации. Часть 1 — Бакалавриат // Безопасность в техносфере. — 2017. Т. 6. — № 1. — С. 66—79.
6. Девисилов В. А., Старостин И. И. Учебно-ознакомительная практика на кафедре "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана // Безопасность в техносфере. — 2013. — № 4. — С. 43—48.
 7. Опыт организации и проведения совместной практики бакалавров по направлению "Техносферная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана и Севастопольского Государственного Университета / В. А. Девисилов, И. И. Старостин, Д. О. Копытов., С. П. Сушев // Безопасность в техносфере. — 2017. — № 2. — С. 80—86.
 8. Старостин И. И., Симаков М. В., Гапонюк Н. А. Опыт организации и проведения практики бакалавров на кафедре "Экология и промышленная безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана // Безопасность жизнедеятельности. — 2016. — № 6. — С. 58—63.
 9. Жукова В. О., Янцен Л. И. История одной практики // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана "Инженер". — 2014. — Вып. Июль—Август. — С. 15—17.
 10. Трубникова А. Э., Шакурова А. Р., Койда А. Г. От теории к практике // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана "Инженер". — 2015. — Вып. Июль—Август. — С. 22—24.
 11. Медникова А. А., Трамбовецкая Н. К. Момент истины — практика // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана "Инженер". — 2016. — Вып. Август—Сентябрь. — С. 11—12.

E. N. Simakova, Associate Professor, e-mail: simakova_en@bmstu.ru,
I. I. Starostin, Associate Professor, **A. V. Bondarenko**, Lecturer,
N. A. Gaponyuk, Associate Professor, Bauman Moscow State Technical University,
M. V. Konovalova, Head of Department, EcoStandard Group

Experience of the Organization and Holding a Work (Predegree) Practice of Bachelors at "Ecology and Industrial Safety" Bauman Moscow State Technical University

Article is continuation of a series of publications about the organization and carrying out the practician at the department of "Ecology and industrial safety" Bauman Moscow State Technical University. In article the available experience of implementation of the program of holding a work (predegree) practice of bachelors in according to actually established educational standard is presented (Standard Moscow State Technical University). Changes of the main requirements to carrying out all types the practician for bachelors according to Federal State Educational Standard of the higher education 3 and Federal State Educational Standard of the higher education 3+ and also the draft of the new document Federal State Educational Standard of the higher education 3++ are considered.

Keywords: *technosphere safety, bachelor, externship, work practice, final qualification work, Federal state educational standard of the higher education, main educational program, profile of training of bachelors*



References

1. **Portal** Federal'nyx gosudarstvennyx obrazovatel'nyx standartov vysshego professional'nogo obrazovaniya. URL: <http://fgosvo.ru/> (date of access 15.04.2019).
2. **Simakova E. N., Gaponyuk N. A., Shhalpegin O. N.** Aktualizaciya FGOS VO po napravleniyu "Texnosfernaya bezopasnost'" s uchetom trebovanij professional'nyx standartov. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2015. No. 7 (175). P. 59—67.
3. **Devisilov V. A., Simakova E. N.** Aktualizaciya Federal'nyx gosudarstvennyx obrazovatel'nyx standartov vysshego obrazovaniya po napravleniyu "Texnosfernaya bezopasnost'". Chast' II — Magistratura. *Bezopasnost' v texnosfere*. 2017. Vol. 6. No. 2. P. 69—79.
4. **Aleksandrov A. A., Devisilov V. A., Simakova E. N.** Proekty Federal'nyx gosudarstvennyx obrazovatel'nyx standartov vysshego obrazovaniya po napravleniyu "Texnosfernaya bezopasnost'". *Bezopasnost' v texnosfere*. 2013. No. 4. P. 49—70.
5. **Devisilov V. A., Simakova E. N.** Aktualizaciya obrazovatel'nyx standartov po napravleniyu "Texnosfernaya bezopasnost'": proekty standartov i problemy ix realizacii. Chast' I — Bakalavriat. *Bezopasnost' v texnosfere*. 2017. Vol. 6. No. 1. P. 66—79.
6. **Devisilov V. A., Starostin I. I.** Uchebno-oznakomitel'naya praktika na kafedre "E'kologiya i promyshlennaya bezopasnost'" MGTU im. N. E'. Baumana. *Bezopasnost' v texnosfere*. 2013. No. 4. P. 43—48.
7. **Opy't** organizacii i provedeniya sovместnoj praktiki bakalavrov po napravleniyu "Texnosfernaya bezopasnost'" MGTU im. N. E'. Baumana i Sevastopol'skogo Gosudarstvennogo Universiteta / V. A. Devisilov, I. I. Starostin, D. O. Kopy'tov, S. P. Sushhev. *Bezopasnost' v texnosfere*. 2017. No. 2. P. 80—86.
8. **Starostin I. I., Simakov M. V., Gaponyuk N. A.** Opy't organizacii i provedeniya praktiki bakalavrov na kafedre "E'kologiya i promyshlennaya bezopasnost'" MGTU im. N. E'. Baumana. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2016. No. 6. P. 58—63.
9. **Zhukova V. O., Yancen L. I.** Istoriya odnoj praktiki. *Vestnik MGTU im. N. E'. Baumana "Inzhener"*. 2014. Vyp. Iyul'—Avgust. P. 15—17.
10. **Trubnikova A. E., Shakurova A. R., Kojda A. G.** Ot teorii k praktike. *Vestnik MGTU im. N. E'. Baumana "Inzhener"*. 2015. Vyp. Iyul'—Avgust. P. 22—24.
11. **Mednikova A. A., Tramboveczkaya N. K.** Moment istiny'-praktika. *Vestnik MGTU im. N. E'. Baumana "Inzhener"*. 2016. Vyp. Avgust—Sentyabr'. P. 11—12.

УДК 378.663

О. Д. Багинова, канд. вет. наук, доц., e-mail: baginova1971@mail.ru,
С. Д. Саможапова, канд. биол. наук, доц., Бурятская государственная
сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова, Улан-Удэ

Рабочая тетрадь как средство, способствующее развитию навыков самостоятельной работы обучающихся

Рассмотрены вопросы внедрения в учебный процесс рабочих тетрадей как один из методов развития целенаправленной организации самостоятельной работы обучающихся по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности". Приведены содержание и структура рабочей тетради.

Ключевые слова: рабочая тетрадь, обучающиеся, безопасность жизнедеятельности, опасность, чрезвычайные ситуации, защита

В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по всем направлениям подготовки (квалификация "бакалавр") дисциплина "Безопасность жизнедеятельности" является обязательной для изучения в высших учебных заведениях.

Задача современного образования по безопасности жизнедеятельности (БЖД) — дать необходимые представления, навыки и умения в данной области, которые позволят будущим специалистам успешно вести профессиональную деятельность в системе: "Человек — среда обитания".

Процесс модернизации обучения в вузе, переход на бакалавриат требуют кроме усвоения знаний, формирования у обучающихся компетенций, которые предполагают умение самостоятельно получать знания, используя различные источники. Обучающийся, освоивший программу, должен обладать следующими компетенциями:

— способность использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций (ОК-9);

— владеть основными методами защиты производственного персонала от возможных

последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий (ОПК-3).

В результате освоения дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" обучающийся должен:

знать: характеристики опасностей природного, техногенного и социального происхождения; принципы, правила и требования безопасного поведения и защиты в различных условиях и чрезвычайных ситуациях; приемы первой помощи;

уметь: идентифицировать основные опасности среды обитания человека; выбирать методы защиты от опасностей применительно к сфере своей деятельности и способы обеспечения комфортных условий жизнедеятельности; избирать приемы первой помощи; выбирать методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций;

владеть: методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; методами защиты в условиях чрезвычайных ситуаций; способностью эффективно применять на практике приемы первой помощи [1].

Особое значение в настоящее время приобретают различные интерактивные обучающие программы, демонстрационные и раздаточные пособия, презентации, различные наглядные пособия, рабочие тетради. Внедрение рабочих тетрадей в процесс обучения является одним из методов организации самостоятельной работы обучающихся.

Рабочая тетрадь — это разновидность учебного пособия для самостоятельного освоения теоретического материала и формирования практических умений и навыков при подготовке к промежуточной аттестации обучающихся. Рабочие тетради предоставляют возможность преподавателю оптимизировать учебный процесс [2]. Они обеспечивают качественное усвоение учебного материала, способствуют выработке умений и навыков у обучающихся активизации их учебно-познавательной деятельности и формированию навыков самостоятельной работы.

Например, рабочая тетрадь "Безопасность в чрезвычайных ситуациях" помогает формировать у обучающихся необходимые знания и умения в области безопасности жизнедеятельности человека в различных чрезвычайных ситуациях; развивать устойчивое внимание на занятиях; вырабатывать такое личностное качество, как самостоятельность; прививать обучаемым навыки самообразования, рациональной организации учебного времени и учебной работы.

Рабочая тетрадь предназначена для индивидуальной и самостоятельной работы, а также для самоконтроля знаний при подготовке к промежуточной аттестации. Учебный материал рабочей тетради закрепляет и углубляет знания по

дисциплине "Безопасность жизнедеятельности"; активизирует познавательную деятельность обучающихся; вырабатывает умения применять знания в чрезвычайных ситуациях; формирует навыки самостоятельной работы с учебно-методической литературой и интернет-ресурсами.

Рабочая тетрадь "Безопасность в чрезвычайных ситуациях", состоящая из трех разделов, предусматривает выполнение учебных заданий различной сложности и предполагает разные уровни освоения обучающимися теоретического и методического материала по формированию навыков безопасного поведения в той или иной чрезвычайной ситуации.

Раздел "Чрезвычайные ситуации природного характера и методы защиты в условиях их реализации" предназначен для ознакомления обучающихся с различными природными катастрофами и выработки практических рекомендаций по правилам поведения и действиям населения.

Раздел "Чрезвычайные ситуации техногенного характера и методы защиты в условиях их реализации" призван помочь обучающимся при изучении основных видов техногенных чрезвычайных ситуаций, их классификации и поражающих факторов, а также при освоении методов спасения людей в экстремальных условиях.

Раздел "Чрезвычайные ситуации биологосоциального характера и методы защиты в условиях их реализации" направлен на ознакомление обучающихся с наиболее распространенными инфекционными заболеваниями людей, представляющими эпидемиологическую опасность в условиях ЧС, а также с некоторыми опасными заболеваниями домашних животных и поражениями сельскохозяйственных культур, а также на получение информации о различных видах социально опасных явлений.

Каждый раздел в Рабочей тетради содержит задания различного вида: вопросы, таблицы, ситуационные задачи, тесты и кейс-задания, выполнение которых позволит обучающимся не только проверить свои знания и умения, но и расширить их.

Рабочая тетрадь создает условия особой мотивации самостоятельного обучения. Она, по сути, является образовательным опытом развития обучающихся. На смену заучиванию и репродукции приходит самостоятельное добывание знаний.

Проявление самостоятельности у обучающихся выражается в умении работать с учебно-методической литературой и интернет-ресурсами, т. е. прочитав текст, обучающиеся смогут выделить ту информацию, которая требуется для решения конкретного задания, а также самостоятельно выполнять задания рабочей тетради от



начала до конца без дополнительной консультации преподавателя. При выполнении заданий обучающийся заносит ответы прямо в рабочую тетрадь (вписывает, дополняет, отвечает на вопросы, выстраивает последовательность и т. д.).

Использование рабочих тетрадей избавляет обучающихся от большого объема механической работы, поскольку задания рассчитаны на краткие и в то же время емкие ответы и помогают найти правильные ответы. Целиком заполненная рабочая тетрадь, в которую своевременно внесены необходимые уточнения и исправления, впоследствии может стать отличным конспектом для повторения пройденного материала — тем более полезным, что он в значительной части сделан самим обучающимся.

При проверке рабочей тетради преподаватель может оценить полученные знания по чрезвычайным ситуациям, проконтролировать мыслительную деятельность обучающегося и усвоение пройденного материала.

Использование рабочей тетради в учебном процессе дает возможность усвоить теоретический материал и оценить прочность усвоения изученного материала, так как работая с каждым заданием самостоятельно, у обучающегося появляется

возможность максимально приложить свои способности для его выполнения.

В заключение можно отметить, что использование рабочих тетрадей в учебном процессе при изучении дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" является индивидуальным видом выполнения домашних заданий и значительно увеличивает объем самостоятельной работы всех обучающихся [3]. Заполнение рабочей тетради у каждого обучающегося вызывает чувство ответственности, удовлетворения, формирует познавательные интересы, дает возможность оценить свои индивидуальные способности и проявить самостоятельность.

Список литературы

1. **Багинова О. Д., Саможапова С. Д.** Безопасность в чрезвычайных ситуациях: Рабочая тетрадь по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности". — Улан-Удэ: Издательство ФГБОУ ВО "Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова", 2018. — 54 с.
2. **Рабочая тетрадь** по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" для Р68 студентов педагогического вуза / Сост. Е. А. Калюжный, С. В. Михайлова, В. Ю. Маслова; АГПИ им. А. П. Гайдара. — Арзамас: АГПИ, 2012. — 66 с.
3. <https://www.informio.ru/publications/id2572/Rabochaja-tetrad-kak-sredstvo-organizacii-samostojatelnoi-raboty-studentov> (дата обращения 13.05.19).

O. D. Baginova, Associate Professor, baginova1971@mail.ru, **S. D. Samozhapova**, Associate Professor, Buryat State Academy of Agriculture named after V. R. Filippov, Ulan-Ude

Workbook as a Means of Promoting the Development of Students Independent Work Skills

The article deals with the issues of using workbooks during the studying process as one of the ways to promote the development of purposeful management of students' individual work on the discipline "Life Safety". Also the article provides content and structure of the workbook.

Keywords: workbook, students, life safety, danger, emergency situation, protection

References

1. **Baginova O. D., Samozhapova S. D.** Bezopasnost' v chrezvy`chajny`x situaciyax: Rabochaya tetrad' po discipline "Bezopasnost' zhiznedeyatel`nosti". Ulan-Ude': Izdatel'stvo FGBOU VO "Buryatskaya gosudarstvennaya sel'skoxozyajstvennaya akademiya imeni V. R. Filippova", 2018. 54 p.
2. **Rabochaya tetrad'** po discipline "Bezopasnost' zhiznedeyatel`nosti" dlya R68 studentov pedagogicheskogo vuza. Sostaviteli E. A. Kalyuzhny`j, S. V. Mixajlova, V. Yu. Maslova; AGPI im. A. P. Gajdara. Arzamas: AGPI, 2012. 66 p.
3. <https://www.informio.ru/publications/id2572/Rabochaja-tetrad-kak-sredstvo-organizacii-samostojatelnoi-raboty-studentov> (date of access 13.05.2019).

IV Международная научно-практическая конференция

РАДИОИНФОКОМ-2019

состоится 11 – 15 ноября 2019 г. в РТУ МИРЭА

Минобрнауки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования МИРЭА – Российский технологический университет приглашает Вас принять участие в IV Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития радиотехнических и инфокоммуникационных систем» («РАДИОИНФОКОМ-2019»), которая состоится 11 – 15 ноября 2019 года в РТУ МИРЭА по адресу: 119454, г. Москва, проспект Вернадского, д.78.

ЦЕЛЬ КОНФЕРЕНЦИИ

обсуждение проблем, актуальных направлений и перспектив развития одного из важнейших направлений мировой экономики – радиоэлектронной и телекоммуникационной индустрии, обеспечивающей функционирование жизненно важных элементов и показателей государственной инфраструктуры гражданского и оборонного назначения.

СЕКЦИИ КОНФЕРЕНЦИИ

1. Телекоммуникации и радиотехника
2. Радиоэлектронные системы и комплексы
3. Обработка и передача информации по каналам радиосвязи
4. Радиофизика и электродинамика
5. Радиоинжиниринг
6. Проектирование и технология радиоэлектронных средств
7. Инженерная экология
8. Подготовка профессиональных кадров в инновационном университетском кластере
9. Обеспечение качества электронных средств, стандартизация и сертификация

В рамках конференции будет учрежден круглый стол, посвященный обсуждению перспективных направлений, проектов и научно-практических разработок в области инновационного развития цифровой экономики, а также традиционно проведен конкурс лучших докладов молодых ученых.

Материалы докладов конференции будут опубликованы в электронном сборнике научных трудов с размещением в базе РИНЦ.



Узнать подробную информацию о конференции или обратиться с вопросом, оставив сообщение в форме заявки, можно на сайте конференции <http://forum.mirea.ru/>



ELPIT—2019

Седьмой международный экологический конгресс
(Девятая международная научно-техническая конференция)

25—28 сентября 2019 г.
Самара—Тольятти, Россия

ПРИГЛАШЕНИЕ НА КОНГРЕСС ELPIT—2019

Традиция проведения конференций ELPIT была заложена в 2003 году. С тех пор конференции проводятся каждые два года и становятся все более масштабным мероприятием, в 2007 году получившим статус международного экологического конгресса. За годы проведения международный конгресс ELPIT стал широко известным событием в мировой научной среде, крупнейшим по своему масштабу экологическим мероприятием на территории России, своего рода площадкой для обмена новыми научными и практическими знаниями в области экологии и безопасности жизнедеятельности. В конгрессах ELPIT участвует свыше 1500 человек, в том числе известные ученые и практики из России и многих зарубежных стран. Очередной конгресс ELPIT—2019 по своему масштабу обещает продолжить успешную традицию и стать представительным научным мероприятием. В рамках конгресса пройдут пленарные заседания, симпозиумы, международные круглые столы, инновационный форум молодых ученых "Young ELPIT", международная выставка технологий и оборудования в области экологии и безопасности жизнедеятельности "Эко-Лидер — 2019" и другие интересные мероприятия.

Участникам конгресса будет предоставлена возможность не только для плодотворной научной работы, но и для знакомства с уникальными природными богатствами Среднего Поволжья — всемирно известным Жигулевским государственным заповедником им. И. И. Спрыгина, национальным парком "Самарская Лука" — природными местами, особенно великолепными ранней осенью. Теплоходная экскурсия вдоль берегов великой русской реки Волги позволит увидеть эти места вблизи, полюбоваться незабываемой панорамой Жигулевских гор и волжскими пейзажами.

Конгресс ELPIT—2019 пройдет в Самарском государственном техническом университете, в Самарском научном центре Российской академии наук и в Институте экологии Волжского бассейна РАН (г. Тольятти).

Развернутая и текущая информация о конгрессе ELPIT—2019 представлена в Интернете на сайте <http://elpit-congress.ru>

Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

ООО "Издательство "Новые технологии". 107076, Москва, Стромынский пер., 4

Телефон редакции журнала (499) 269-5397, (499) 269-5510, e-mail: bjd@novtex.ru, <http://novtex.ru/bjd>

Телефон главного редактора (812) 670-9376(55), e-mail: rusak-maneb@mail.ru

Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Е. В. Комиссарова*

Сдано в набор 04.06.19. Подписано в печать 18.07.19. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ819.

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Оригинал-макет ООО "Авансед солюшнз".

Отпечатано в ООО "Авансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru