



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.

11(227)
2019

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА

Карначев И. П., Николаев В. Г., Левашов С. П., Смирнова Н. К. Отечественная и зарубежная практика оценки рисков производственного травматизма 3

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Дубовик И. Е., Наумкин Е. А., Шарипова М. Ю., Тельцова Л. З. Влияние биокоррозии на механические свойства материалов трубопроводов 11

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Эйдемиллер Ю. Н., Платонова А. М. Современное состояние проблемы обеспечения пожарной безопасности высших учебных заведений 15

ХИМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Алексеев В. А., Усольцев В. П., Юран С. И., Нистюк А. И. Система безопасности на потенциально химически опасном объекте в закрытом помещении 25

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Шарипова М. Ю., Егупова Е. Ю., Дубовик И. Е., Высоцкая Л. Б., Абдуллин Ш. Р. Биопрепараты на основе штаммов цианобактерий *Nostoc Punctiforme* и *Roholtiella* sp. 33
Кусова И. В., Горлачева М. В. Снижение негативного воздействия нефтехимического предприятия на гидросферу 39
Андреева А. В., Николаева О. Н., Муллаярова И. Р., Купцов А. В., Магид А. Б., Магид М. А. Обеззараживание отходов животноводства воздействием электромагнитного излучения . . . 44
Патрушева Т. Н., Петров С. К., Слизкова А. С., Марченкова С. Г. Малоэнергетические солнечные ячейки для "зеленой" энергетики 48

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Газетдинов Р. Р., Иксанова К. Г. Оценка отдельных показателей воды родников Бирского района Республики Башкортостан 53
Козлова Г. Г., Михайлова А. С., Онина С. А., Козлов В. Г. Определение содержания селена и его антагонистов в донниковом меде 56

ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ

Кузьмин С. А., Солодовников В. В., Вовк О. И., Григорьева Л. К. Состояние здоровья и физической подготовленности призывников как основа системы обеспечения национальной безопасности России 58

ОБРАЗОВАНИЕ

Цвиленева Н. Ю. Измерение опасных и вредных факторов и лабораторное обеспечение подготовки бакалавров по направлению "Техносферная безопасность" 61

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' ZHIZNEDATEL'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.)

11(227)
2019

CONTENTS

LABOUR PROTECTION

Karnachev I. P., Nikolaev V. G., Levashov S. P., Smirnova N. K. Domestic and Foreign Practice of Industrial Injury Risk Assessment 3

INDUSTRIAL SAFETY

Dubovik I. E., Naumkin E. A., Sharipova M. J., Teltsova L. Z. The Effect of Bio-Corrosion on the Mechanical Properties of Pipeline Materials 11

FIRE SAFETY

Eidemiller Y. N., Platonova A. M. The Current State of the Problem of Ensuring Fire Safety of Higher Educational Institutions 15

CHEMICAL SAFETY

Alekseev V. A., Usoltsev V. P., Yuran S. I., Nistyuk A. I. System of Safety on Potentially Chemically Dangerous Object Indoors 25

ECOLOGICAL SAFETY

Sharipova M. J., Egupova E. Yu., Dubovik I. E., Vysotskaya L. B., Abdullin S. R. Biological Products Based on the Strains of Cyanobacteria of *Nostoc Punctiforme* and *Roholtiella* sp 33

Kusova I. V., Gorlacheva M. V. Reducing the Negative Impact of a Petrochemical Plant on the Hydrosphere 39

Andreeva A. V., Nikolaeva O. N., Mullayarova I. R., Kuptsov A. V., Magid A. B., Magid M. A. Disinfecting of Liquid Manure from Eggs of Helminths and an Ootsist of Eymeriya Influence of Electromagnetic Radiation 44

Patrusheva T. N., Petrov S. K., Slizkova A. S., Marchenkova S. G. Low-Consumable Solar Cells for "Green" Energy 48

ENVIRONMENTAL MONITORING

Gazetdinov R. R., Iksanova K. G. Evaluation of Individual Indicators of Water Springs Birk Region of the Republic of Bashkortostan 53

Kozlova G. G., Mikhailova A. S., Onina S. A., Kozlov V. G. Determination of the Content of Selenium and its Antagonists in a Sweet-clover Honey 56

HEALTH PROTECTION

Kuzmin S. A., Solodovnikov V. V., Vovk O. I., Grigorieva L. K. Health and Physical Fitness of Conscripts as the Basis of the System of National Security of Russia 58

EDUCATION

Tsvileneva N. Yu. Measurement of Hazardous and Dangerous Factors and Laboratory Provision of Bachelor's Degree in the Field of "Technosphere safety" 61

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

УДК 331.461:614.8.01

И. П. Карначев, д-р техн. наук, проф., e-mail: IgorKarnachev@yandex.ru,
В. Г. Николаев, канд. физ.-мат. наук, доц., зав. кафедрой, Филиал Мурманского арктического государственного университета в г. Апатиты,
С. П. Левашов, канд. техн. наук, доц., **Н. К. Смирнова**, канд. техн. наук, доц., Курганский государственный университет

Отечественная и зарубежная практика оценки рисков производственного травматизма

Оценка профессиональных рисков представляет собой научный анализ причин их возникновения и масштабов проявления по отношению к профессиональным группам работающих. Очевидно, что масштаб и уровень сложности решаемой задачи в значительной степени определяют и выбор методов ее решения. Наличие точной и достоверной статистической информации является необходимым условием для установления целей политики предприятия или организации в сфере безопасности труда и для принятия соответствующих мер по ее обеспечению. Точные статистические данные о здоровье и безопасности на рабочем месте являются критически важными для мониторинга политики и определения превентивных потребностей.

В статье основное внимание уделяется важности национальной статистики несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также задачам системы мониторинга состояния безопасности труда, способам оценки и анализа данных.

Ключевые слова: безопасность труда, производственный травматизм, профессиональный риск

Введение

Главной задачей общероссийского мониторинга условий и охраны труда является количественное и качественное описание важнейших социально-экономических процессов, имеющих место в сфере безопасности труда. Это достигается с помощью системы статистических показателей, получаемых на основе информации, собираемой в ходе проведения статистических обследований. Адекватность описания происходящих процессов во многом зависит от используемых методов сбора и обработки первичных данных.

Законодательное определение профессионального риска, изложенное в Федеральном законе от 24.07.1998 № 125-ФЗ "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний", связывает профессиональную деятельность работника с видом экономической деятельности предприятия или организации. В этом контексте понятие "профессиональный" оказывается тождественным понятию "производственный" (или "отраслевой"), т. е. включает в себя все факторы, оказывающие воздействие на работников различных профессий и имеет отношение к производству (виду экономической деятельности предприятия или отрасли в целом), но не к профессии или профессиональной группе.

Данный подход обеспечивает возможность сравнения состояния безопасности на уровне

отраслей и назначения соответствующих страховых тарифов, но лишен смысла, когда речь идет о рисках, связанных с профессиональной деятельностью пострадавших. Механизм обратной связи, обеспечивающий возможность целенаправленных воздействий на причины травматизма/профессиональной заболеваемости, устанавливаемые на основе результатов обширных статистических наблюдений, в рамках данной концепции полностью отсутствует. Обеспечение разрабатываемых по определенной схеме предупредительных мер по сокращению производственного травматизма и профессиональных заболеваний сводится де-факто к финансированию мер по компенсации ущерба работодателя (юридического лица).

Анализ свидетельствует, что в отношении методов сбора статистической информации и анализа получаемых данных, касающихся производственного травматизма в РФ, существует широкий круг вопросов, требующих решения.

Состояние проблемы

В соответствии с ФЗ № 125-ФЗ "Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний" Фонд социального страхования (ФСС) РФ осуществляет мониторинг состояния травматизма, профессиональных заболеваний и



смертности в разрезе группировок и видов экономической деятельности. Департамент условий и охраны труда РФ осуществляет мониторинг условий и охраны труда, уровней профессиональных рисков в разрезе видов экономической деятельности и субъектов Российской Федерации. Таким образом, формируемые федеральными ведомствами статистические данные о производственном травматизме и

профессиональных заболеваниях группируются на основе Общероссийского классификатора видов экономической деятельности (ОКВЭД) предприятий или организаций (рис. 1, 2), а объектами статистического наблюдения данных ведомств являются только организации, включенные в статистический регистр в разрезе видов экономической деятельности.

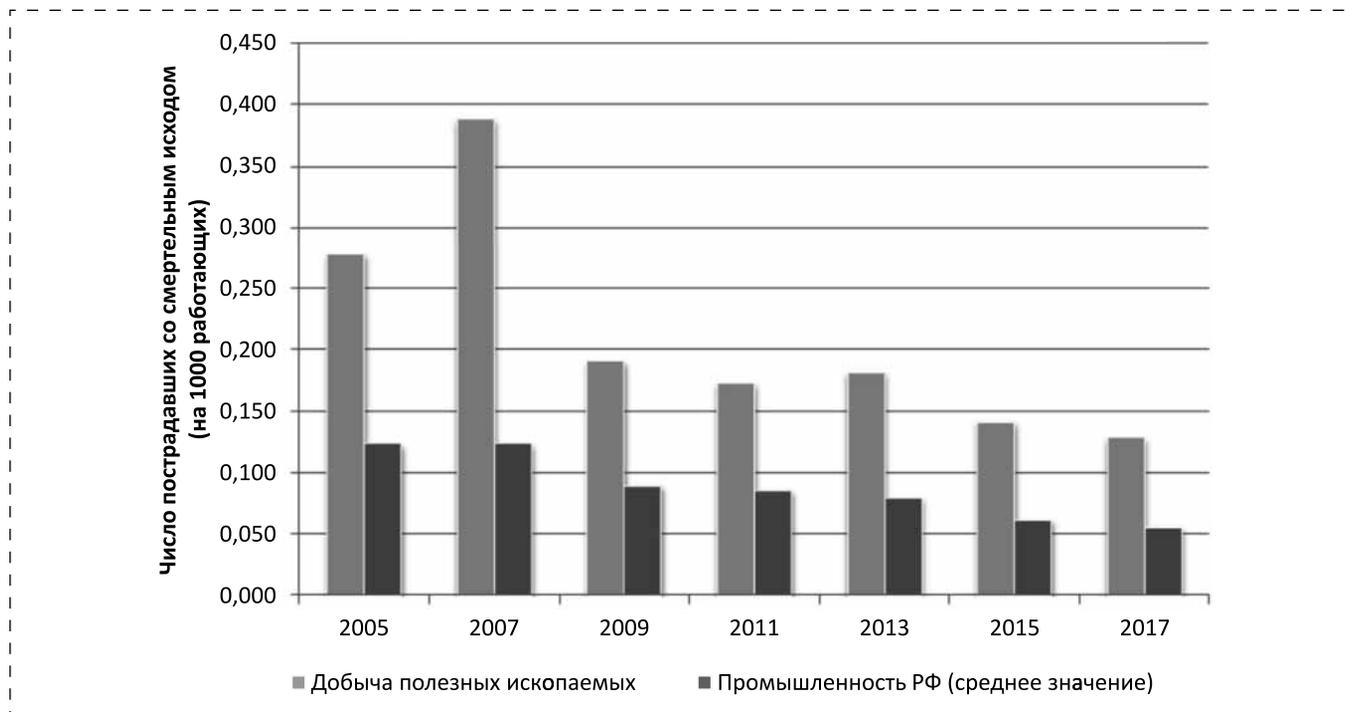


Рис. 1. Динамика числа пострадавших со смертельным исходом в РФ

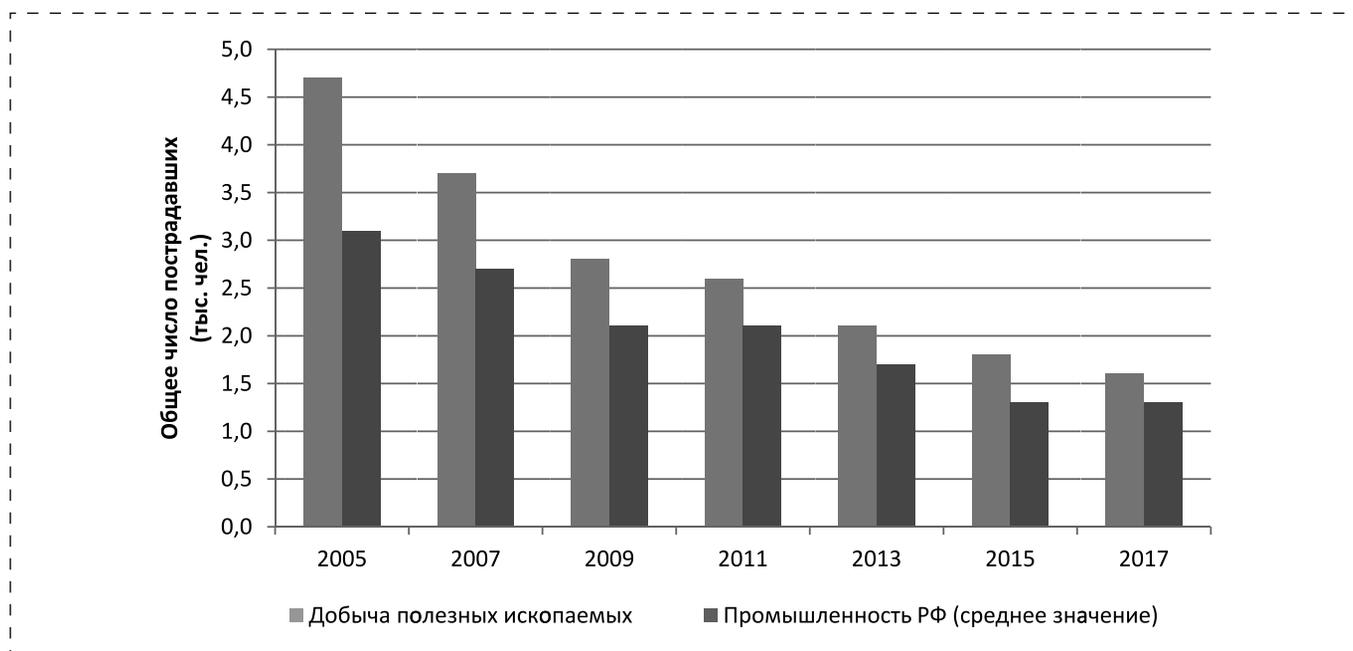


Рис. 2. Динамика общего числа пострадавших на производстве в РФ

В качестве классификационных признаков в ОКВЭД используются показатели, характеризующие сферу деятельности, процесс (технологию) производства по детализованным видам экономической деятельности, по классам размеров производственных единиц и т. д. Виды и причины несчастных случаев группируются в целом по России, по федеральным округам и субъектам РФ; по видам экономической деятельности; по формам собственности (государственной, частной и др.) [1].

Группировка видов экономической деятельности в ОКВЭД ориентирована на информационную поддержку решения задач по анализу, описанию и регулированию национальной экономики, отраслей, предприятий, но не отвечает целям и задачам информационного обеспечения процессов анализа и управления профессиональными рисками. При внешней схожести понятий, особенно на уровне подгрупп или видов сфер деятельности, ОКВЭД не является аналогом и не подменяет Общероссийский классификатор занятий (ОКЗ), который предназначен для решения задач, связанных с оценкой состояния и динамики изменений структуры рабочей силы, анализом и прогнозом показателей в сфере занятости. Классификационной единицей ОКЗ является вид трудовой деятельности (занятие), основу которого составляет квалификация и профессиональная специализация. Объектами классификации являются однородные, с точки зрения содержания работ, укрупненные группировки профессий рабочих и должностей служащих.

Производственная (экономическая) деятельность связана с особенностями конкретного производства с учетом применяемой технологии, системы менеджмента, условий труда (например, производственный цикл, производственная среда, производственная травма). Иными словами, понятие производственной деятельности применимо не к отдельным профессиям, а к определенным видам работ вообще, т. е. к определенному производству. При таком подходе непосредственные опасности и профессиональные риски работников, занятых на этапах технологического цикла проектирования, производства, изготовления, сборки, наладки, монтажа и т. д. продукции, неким образом усредняются и трансформируются в числовой показатель, связанный с видом конечного продукта/услуги. В результате риски, связанные с деятельностью работника, вне зависимости от его профессиональной принадлежности, оцениваются и классифицируются исходя из принадлежности предприятия или организации к виду, классу или группе экономической деятельности, т. е. в конечном счете, соотносятся с видом выпускаемой продукции или оказываемыми услугами (добыча угля, производство электроэнергии и т. д.).

Действующая система анализа травматизма работников, основанная на ОКВЭД, — не что иное,

как попытка выявления и анализа причинно-следственных связей в системе "продукция/услуги — производственный риск", вместо "профессиональная деятельность — профессиональный риск". По действующему законодательству класс профессионального риска работодателя (юридического лица) — это уровень производственного травматизма, профессиональной заболеваемости и расходов на обеспечение по страхованию, сложившийся по видам экономической деятельности страхователей (ст. 3 Закона № 125-ФЗ), который присваивается органами ФСС при регистрации страхователя по основному коду ОКВЭД, заявленному при регистрации организации. Класс профессионального риска определяет размер страхового тарифа по взносам на обязательное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Результаты мониторинга позволяют выявить наиболее травмоопасные отрасли и виды экономической деятельности, обобщенные причины и виды травматизма по отраслям, количество пострадавших и погибших в различных секторах экономики и т. п. Травматизм на производстве характеризуется числом лиц, пострадавших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом при выполнении ими трудовых обязанностей на территории предприятия, организации, а также при следовании на работу или с работы на предоставленном предприятии транспорте.

Информация о профессиональной принадлежности пострадавших, содержащаяся в актах о несчастных случаях Н-1, игнорируется, а данные по травматизму на предприятии обобщаются и представляются в органы статистики в корреляции с видом его экономической деятельности. В результате формируются массивы статистической информации, собранной по утвержденным формам ведомственного статистического наблюдения, изучение которой практически ничего не дает.

В России, в отличие от стран ЕС, США и многих других, профессии/профессиональные группы работников не являются единицами статистического наблюдения, поэтому общая численность работников различных профессий или профессиональных групп неизвестна. По словам начальника отдела надзора и контроля по вопросам расследований и учета несчастных случаев на производстве Роструда В. Коржа, "...в России людей по профессиям не считают, считают по отраслям. То есть повар, работающий в заводской столовой, будет относиться к обрабатывающей отрасли, а повар в московской пиццерии — к ресторанной. Кроме того, в таблице смертельного травматизма на производстве приводятся только абсолютные цифры, без учета численного состава работников".



И далее, отвечая на вопрос: "С представителями каких профессий чаще всего происходят несчастные случаи со смертельным исходом?", В. Корж заметил: "Этого я вам не смогу сказать. Информация собирается по экономическим видам деятельности и по регионам. То есть я знаю, что в... [отрасли — авт.] в год погибает столько-то человек и чаще в таком-то регионе, но при этом мы не знаем, кто в основном погибает — металлурги, токари или уборщицы. Более того, этого никто не знает..." [2].

В подобной ситуации оценить степень опасности, коэффициенты травматизма или смертности в разрезе профессий не представляется возможным. Без создания системы, отслеживающей состояние и причины профессионального травматизма, невозможно эффективно управлять охраной труда и безопасностью жизнедеятельности.

Несоответствие целей и задач общероссийского мониторинга условий и охраны труда, а также используемых методов оценки безопасности работников целям и задачам мониторинга и оценки профессиональных рисков в рамках формируемой системы управления профессиональными рисками требует совершенствования подходов к решению указанных проблем.

Зарубежная практика оценки рисков травматизма

Фундаментом эффективной системы управления и профилактики травматизма является наличие достоверной информации о числе несчастных случаев, их тяжести и причинах как на рабочих местах, так и на предприятиях и в отраслях, где они происходят. Опыт стран Евросоюза, США, Канады и многих других свидетельствует, что сбор, обработка и анализ статистической информации являются ключевыми вопросами, связанными с обеспечением высокой эффективности деятельности в этой области [3].

Европейская статистика несчастных случаев на производстве (*European Statistics on Accidents at Work — ESAW*) является основным транснациональным источником европейских статистических данных, касающихся здоровья и безопасности на рабочих местах [4]. Для обеспечения согласованности и сопоставимости информации на межгосударственном уровне ESAW предоставляет национальным статистическим управлениям данные, сформированные на основе международно признанных определений, концепций и классификаций. ESAW аккумулирует данные о несчастных случаях, произошедших в процессе работы, в результате которых работники отсутствовали более трех дней, а также данные о смертельных исходах. Важнейшими критериями качества статистической информации являются точность и достоверность, а также целостность

и востребованность полученных в ходе мониторинга данных. Информация о каждом несчастном случае содержит объем данных, обеспечивающих возможность кросс-классификации многочисленных (от 12 до 16) условий, обстоятельств и последствий этих случаев.

Наличие детальной и достоверной статистики о причинах, обстоятельствах и механизмах возникновения производственного травматизма обеспечивает возможность проведения статистических исследований для выявления системных причинно-следственных зависимостей и оценки вероятностей нанесения ущерба здоровью работников по всей совокупности показателей. Аналогичные статистические системы национального уровня действуют во всех странах Евросоюза, а также в США, Канаде и многих других.

Мониторинг профессиональных заболеваний, травм и несчастных случаев в США осуществляет Бюро статистики труда (*Bureau of Labor Statistics — BLS*) [5]. Структурную основу современной статистики производственного травматизма и профессиональных заболеваний в США составляют перечисленные ниже системы классификации.

- Североамериканская система промышленной классификации (*North American Industry Classification System — NAICS*).
- Стандартная система классификации профессий (*Standard Occupational Classification system — SOC*).
- Система классификации профессиональных травм и заболеваний (*Occupational Injury and Illness Classification System — OIICS*).

Статистические данные о производственном травматизме и профессиональных заболеваниях в США формируются в рамках реализации двух программ.

1. Обзор производственного травматизма и профессиональных заболеваний (*Survey of Nonfatal Occupational Injuries and Illnesses — SOII*).

2. Перепись летального производственного травматизма (*Census of Fatal Occupational Injuries — CFOI*).

Обе программы на федеральном уровне представляют собой результат кооперации федеративных подсистем, в которой координирующая роль принадлежит органам федеральной власти, оказывающим помощь в сборе и систематизации данных. Дополнительные данные поступают от страховых компаний, органов здравоохранения, из программ текущих обследований населения (*Current Population Survey — CPS*) и т. д. Систематизация показателей производственного травматизма и профессиональных заболеваний в рамках указанных программ дает возможность исследователям, специалистам по охране труда, работодателям, политикам и другим заинтересованным лицам проводить детальный анализ

производственного травматизма и разрабатывать политику, направленную на уменьшение профессиональных рисков и повышение безопасности на рабочем месте.

Наличие данных о численности работников различных профессий обеспечивает возможность установления и оценки летальных и нелетальных профессиональных рисков. Они могут быть определены как отношение количества пострадавших работников, входящих в ту или иную профессиональную группу, к общей численности работников указанной профессиональной группы.

Методы и результаты исследований

Целью проведения исследований являлся сравнительный анализ адекватности подходов к оценке следующих рисков:

а) риски производственного травматизма в разрезе промышленной (отраслевой) классификации (NAICS);

б) риски профессионального травматизма в разрезе промышленной (отраслевой) классификации (NAICS);

в) риски профессионального травматизма в разрезе классификации профессий (SOC).

По данным Бюро статистики труда США [5] в декабре 2017 г. в горнодобывающей промышленности США (NAICS 210000) общая численность работающих составляла 646 203 человек. Данные о численности работающих и числе пострадавших в основных подотраслях, а также сведения об их профессиональной принадлежности, содержащиеся на официальном сайте BLS, представлены в табл. 1.

Результаты анализа свидетельствуют, что средневзвешенные значения рисков травматизма в отрасли (NAICS 210000) практически не коррелируются с рисками работников подотраслей и видов экономической деятельности, входящих в эту отрасль (рис. 3). Причем данная закономерность наблюдается на протяжении всего исследуемого периода (рис. 4). Такие риски, по сути, представляют не что иное, как "среднюю температуру

в больничной палате", на основании которой бессмысленно ставить диагноз и назначать "методы лечения отдельных больных".

Аналогичная закономерность наблюдается и в отношении рисков различных, даже относительно близких по характеру, профессий работников, занятых в горнодобывающей промышленности (табл. 2, рис. 5).

Совершенно иная закономерность наблюдается в отношении рисков травматизма работников в разрезе классификации профессий (код SOC). В частности, в период с 2007 по 2017 г. тренды снижения рисков работников отдельных профессий, входящих в укрупненную профессиональную группу "Операторы горнодобывающих и горнообогатительных установок" (код SOC 47-5040), практически полностью идентичны (рис. 6).

Результаты анализа свидетельствуют о том, что проведение мониторинга безопасности и условий труда на основе классификации профессий (SOC в США, или ОКЗ в РФ) обеспечивает кратное повышение качества и достоверности статистической информации, на базе которой формируется политика, разрабатываются стратегии и программы повышения уровня безопасности работников промышленного комплекса. Профессии/виды профессиональной деятельности — это ключевые параметры в исследовании и обеспечении безопасности труда, анализе и оценке производственного травматизма и профессиональной заболеваемости. Причина заключается в том, что уровни травматизма представителей родственных профессий формируются ограниченным числом ключевых факторов, определяемых содержанием профессиональной деятельности пострадавших [6]. Эти факторы достаточно информативны по отношению ко всем работникам указанных профессиональных групп, независимо от их отраслевой принадлежности.

Приоритетные причины, а также обстоятельства травматизма работников, формируемые характерными/специфичными для данных профессий опасностями, могут быть выявлены в ходе статистических исследований. Обработка

Таблица 1

Численность работающих и количество пострадавших

Вид экономической деятельности	Код NAICS	Число работающих	Число пострадавших
Добыча нефти и газа	211000	144 291	440
Добыча ресурсов, кроме нефти и газа, в том числе:	212000	184 838	2500
добыча угля	212100	50 884	1380
добыча руды	212200	39 751	300
Добыча и разработка нерудных полезных ископаемых	212300	94 203	820

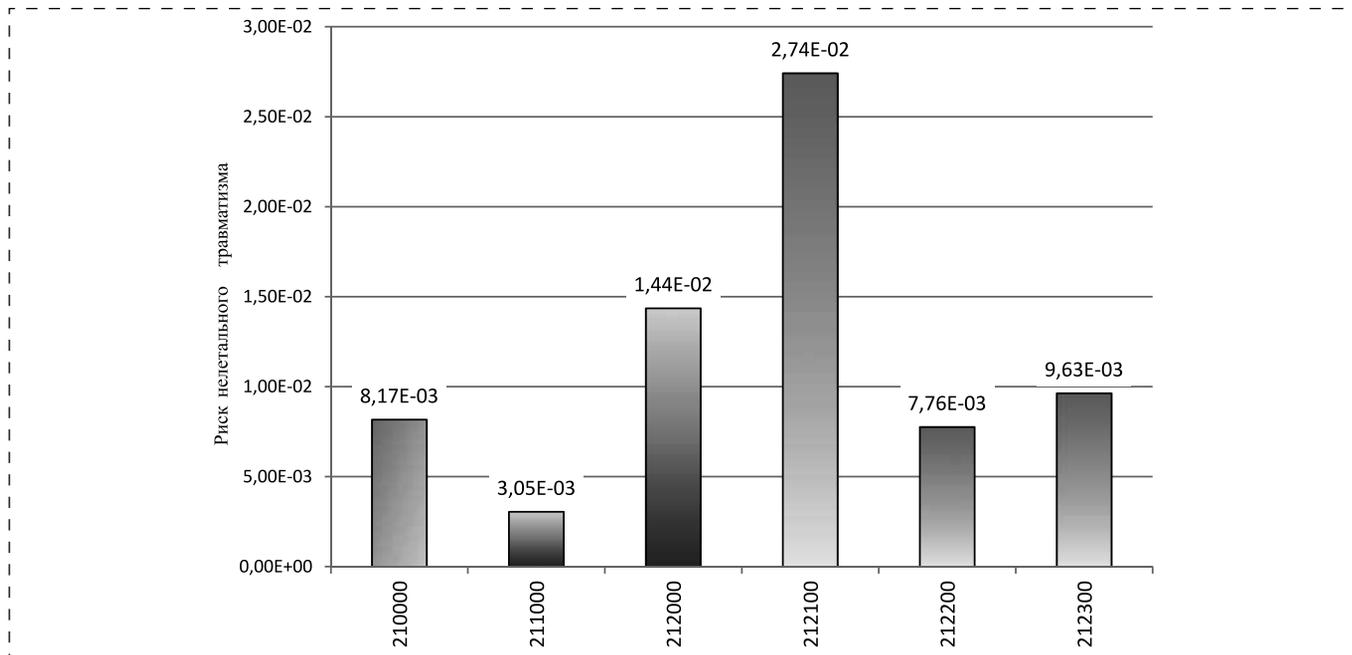


Рис. 3. Уровни рисков нелетального травматизма работников, занятых в различных видах экономической деятельности отрасли "Добыча полезных ископаемых, нефти и газа" (США, 2017 г.)

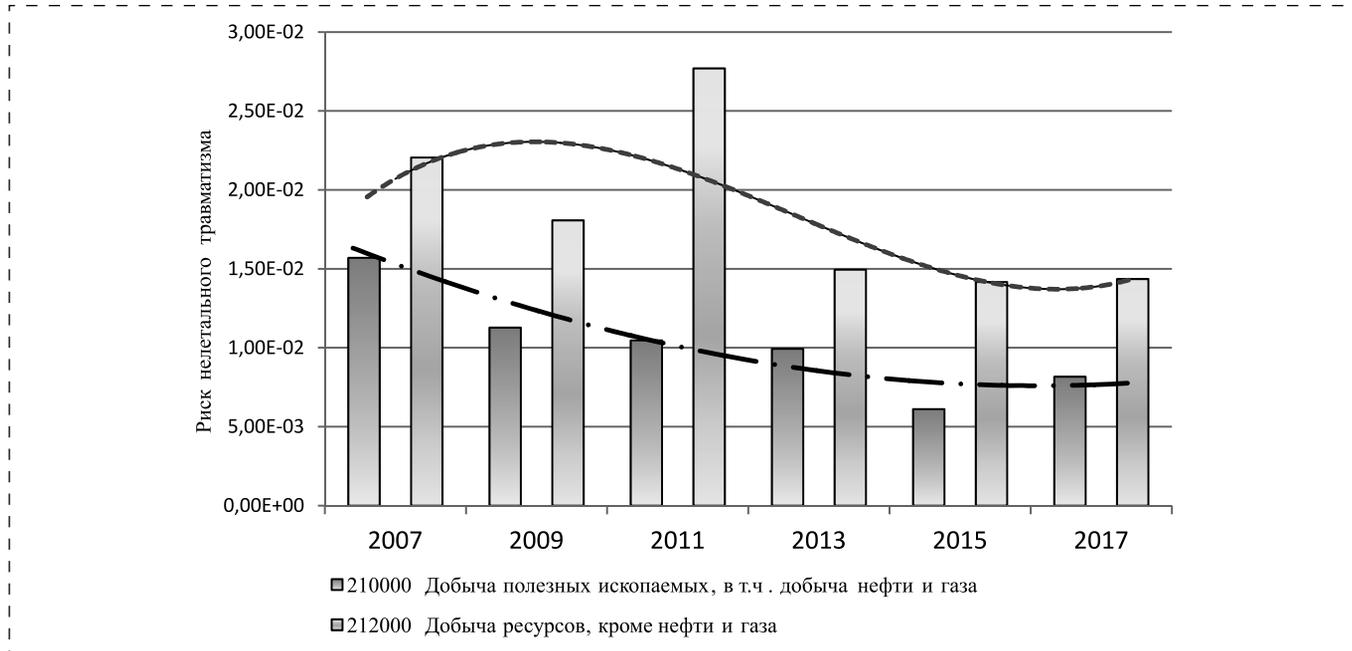


Рис. 4. Динамика рисков нелетального травматизма работников в отрасли "Добыча полезных ископаемых, нефти и газа" (США)

Таблица 2

Основные профессиональные группы работников в отрасли 210000

Код SOC	Профессиональные группы
47-5040	Операторы горнодобывающих и горно-обогачительных установок
47-5050	Операторы дробильного оборудования
47-5060	Операторы машин для анкерной крепи
47-5080	Вспомогательные производственные рабочие

накопленного материала по определенным признакам (по профессии и стажу работы пострадавших, по месту происшествия, по причинам возникновения несчастных случаев и другим обстоятельствам) дает возможность установить динамику травматизма на предприятии и выявить определенные связи и зависимости [7]. Полученные результаты являются основанием для анализа и выбора путей и методов профилактики производственного травматизма работников данной профессиональной группы.

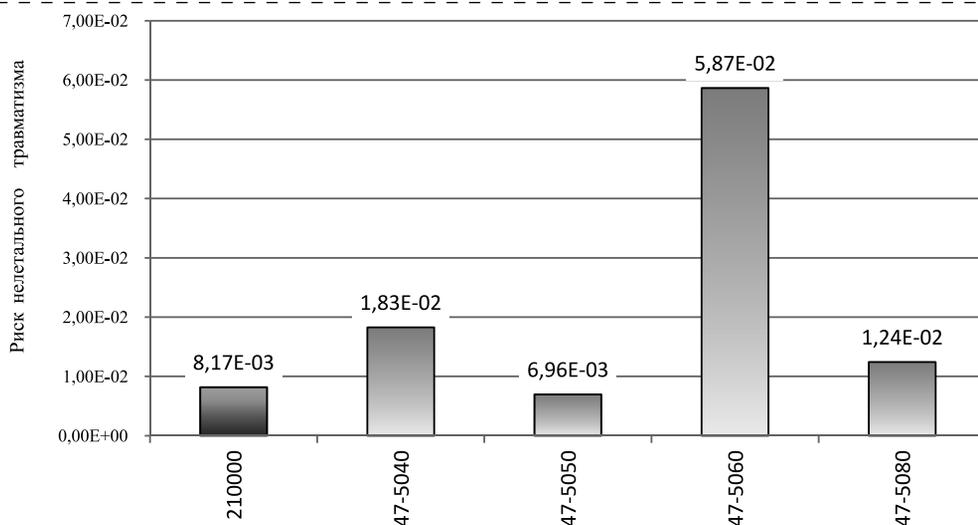


Рис. 5. Уровни рисков нетяжелого травматизма работников в отрасли 210000 "Добыча полезных ископаемых, нефти и газа" (США)

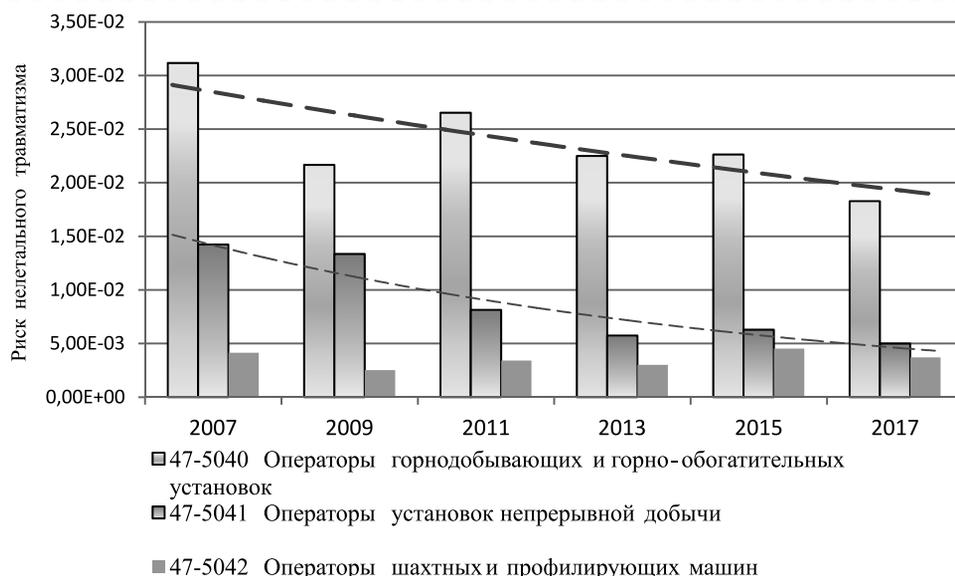


Рис. 6. Динамика рисков нетяжелого травматизма работников профессиональных групп в отрасли "Добыча полезных ископаемых, нефти и газа" (США)

Заключение

Ратификация Россией Конвенции МОТ № 187 Об основах, содействующих безопасности и гигиене труда [8], ускорила процесс реформирования национальной системы управления охраной труда. Концепция управления профессиональными рисками, переход к которой декларируется правительством РФ в настоящее время, предполагает смену приоритетов, перенос акцентов с мер реагирования на несчастные случаи постфактум в рамках традиционной системы на превентивные меры, т. е. управление рисками повреждения здоровья работников.

В законе № 238-ФЗ "О внесении изменений в Трудовой кодекс Российской Федерации"

отмечается, что порядок оценки уровня профессионального риска устанавливается федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере труда. В настоящее время документ находится в стадии разработки, поэтому необходимы дальнейшие научные исследования, касающиеся проблем оценки и управления профессиональными рисками, а также рекомендаций по практическому применению этих разработок в конкретных производствах в целях минимизации профессиональных рисков.

Представляется очевидным, что приоритеты в разработке мер по снижению рисков должны основываться, в первую очередь, на профилактике



наиболее опасных обстоятельств возникновения несчастных случаев [9]. Без достоверных данных невозможно установить правильные цели и определить те области, где инвестиции в профилактические мероприятия необходимы для того, чтобы уменьшить число травм и профессиональных заболеваний путем улучшения условий труда, которые, в свою очередь, будут способствовать росту производительности труда и экономическому росту предприятий. Предпринимаемые меры должны внести упорядоченность в развитие и совершенствование управления охраной труда с учетом перехода на идентификацию опасностей, выявление, оценку и управление профессиональными рисками в организациях различных форм собственности и видов экономической деятельности. основополагающими принципами нового подхода должны стать: оценка профессиональных рисков или опасностей; борьба с профессиональными рисками или опасностями в сфере их возникновения.

В отличие от действующей в настоящее время в РФ модели мониторинга производственных рисков субъектов экономической деятельности, концепция мониторинга, анализа и оценки профессиональных рисков ориентирована на управление безопасностью субъектов производственной деятельности, т. е. работников конкретных профессий и профессиональных групп. Знание специфических опасностей, присущих отдельным профессиям, а также условий и обстоятельств их возникновения позволяет осуществлять

целенаправленную, основанную на системном подходе и статистическом анализе оценку профессиональных рисков по приоритетным факторам опасностей.

Список литературы

1. **Официальный интернет-ресурс** Министерства труда и социальной защиты РФ. URL: <https://rosmintrud.ru/labour/safety/124> (дата обращения 20.07.2019).
2. **Кем опасно быть** в России // Коммерсантъ Власть. — 2007. — № 11. — С. 20—22. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/753026> (дата обращения 20.07.2019).
3. **Левашов С. П.** Системы мониторинга безопасности труда и охраны здоровья в РФ и странах ЕС // Безопасность в техносфере. — 2013. — Т. 2. — № 1. — С. 44—52.
4. **European statistics** on accidents at work (ESAW) — Methodology — 2013 edition — Directorate General Employment and Social Affairs series — Catalogue No. KE-36-019-60EN-C
5. Официальный сайт Бюро статистики труда США (U. S. Bureau of Labor Statistics — BLS). URL: <http://www.bls.gov> (дата обращения 20.07.2019).
6. **Левашов С. П.** Технология аналитического расследования причин несчастных случаев и инцидентов // Безопасность труда в промышленности. — 2012. — № 11. — С. 79—81.
7. **Левашов С. П.** Профессиональный риск: методология системного анализа и моделирования: Учебное пособие. — Курган, Курганский государственный университет. — 2008. — 154 с.
8. **Федеральный закон** от 04.10.2010 № 265-ФЗ "О ратификации Конвенции об основах, содействующих безопасности и гигиене труда (Конвенции № 187)" // Собрание законодательства РФ. — 11.10.2010. — № 41 (2 ч.). — Ст. 5194.
9. **Левашов С. П.** Обоснование путей и методов профилактики производственного травматизма работников АПК на основе оценки и управления профессиональными рисками: автореферат диссертации доктора технических наук (05.26.01). С.-Петербург. гос. аграр. ун-т. — Санкт-Петербург—Пушкин, 2018. — 43 с.

I. P. Karnachev, Professor, e-mail: IgorKarnachev@yandex.ru, **V. G. Nikolaev**, Head of Chair, Branch of Murmansk State Arctic State University in Apatity, **S. P. Levashov**, Associate Professor, **N. K. Smirnova**, Associate Professor, Kurgan State University

Domestic and Foreign Practice of Industrial Injury Risk Assessment

Assessment of occupational risks is a scientific analysis of the causes of their occurrence and the extent of manifestation in relation to the professional groups of workers. Obviously, the scale and level of complexity of the problem being solved largely determine the choice of methods for solving it. The availability of accurate and reliable statistical information is a prerequisite for setting the goals of an enterprise or organization's policy in the field of occupational safety and for taking appropriate measures to ensure it. Accurate health and safety statistics in the workplace are critical for monitoring policies and determining preventive needs.

The article focuses on the importance of national statistics on industrial accidents and occupational diseases, as well as the tasks of the system for monitoring the state of occupational safety, methods for assessing and analyzing data.

Keywords: Labor safety, industrial injuries, occupational risk

References

1. **Официальный интернет-ресурс** Министерства труда и социальной защиты РФ. URL: <https://rosmintrud.ru/labour/safety/124> (date of access 20.07.2019).
2. **Кем опасно быть?** в России. Kommersant Vlast'. 2007. No. 11. P. 20—22. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/753026> (date of access 20.07.2019).
3. **Levashov S. P.** Sistemy monitoringa bezopasnosti truda i ohrany zdorov'ya v RF i stranah ES. *Bezopasnost' v tekhnosfere*. 2013. Vol. 2. No. 1. P. 44—52.
4. **European statistics** on accidents at work (ESAW) — Methodology — 2013 edition — Directorate General Employment and Social Affairs series — Catalogue No KE-36-019-60EN-C.
5. **Официальный сайт** Бюро статистики труда США (U. S. Bureau of Labor Statistics). URL: <http://www.bls.gov> (date of access 20.07.2019).
6. **Levashov S. P.** Tekhnologiya analiticheskogo rassledovaniya prichin neschastnykh sluchaev i incidentov. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2012. No. 11. P. 79—81.
7. **Levashov S. P.** Professional'nyj risk: metodologiya sistemnogo analiza i modelirovaniya: Uchebnoe posobie. Kurgan. Kurganskij gosudarstvennyj universitet, 2008. 154 p.
8. **Федеральный закон** от 04.10.2010 N 265-FZ "О ратификации Конвенции об основах, содействующих безопасности и гигиене труда (Конвенции No. 187)". *Sobranie zakonodatel'stva RF*. 11.10.2010. No. 41 (2 ch.). St. 5194.
9. **Levashov S. P.** Obosnovanie putej i metodov profilaktiki proizvodstvennogo travmatizma rabotnikov APK na osnove ocenki i upravleniya professional'nymi riskami: avtoreferat dis. ... doktora tekhnicheskikh nauk (05.26.01). S.-Peterb. gos. agrar. un-t. Sankt-Peterburg—Pushkin, 2018. 43 p.

УДК 620.193.8

И. Е. Дубовик¹, д-р биол. наук, проф., e-mail: dubovikie@mail.ru,
Е. А. Наумкин², д-р техн. наук, доц., **М. Ю. Шарипова**¹, д-р биол. наук, доц.,
Л. З. Тельцова¹, канд. биол. наук, доц.

¹ Башкирский государственный университет, Уфа

² Уфимский государственный нефтяной технический университет

Влияние биокоррозии на механические свойства материалов трубопроводов

Показано, что проявление коррозии металла и уменьшение его твердости зависит от времени выдержки в почве, что связано с более длительным контактом поверхности металла с почвенной средой. Не обнаружено связи проявления биокоррозии с глубиной залегания образцов фрагментов трубы из стали по изученному почвенному разрезу при одинаковой временной экспозиции.

Определен состав фототрофных микроорганизмов, обитающих в почвенной среде (идентифицировано 26 видовых и внутривидовых таксонов) и находящихся в тесном контакте с металлом (цианобактерии — пленкообразователи и сопутствующие им одноклеточные зеленые водоросли).

Ключевые слова: биокоррозия, твердость, цианобактерии, водоросли, металл

Введение

Эффективность и безопасность транспортных трубопроводных систем топливно-энергетического комплекса нашей страны являются важной проблемой. Почвенная коррозия наносит ущерб едва ли не всем видам металлоконструкций, нефтегазотрубопроводам, водопроводам, резервуарам. От нее страдают кабели, сваи, скважинные обсадные трубы, опоры, эксплуатируемые непосредственно в почве [1–6].

Магистральные трубопроводы, в отличие от внутрипромысловых, корродируют в результате жизнедеятельности микроорганизмов в основном снаружи: негативное воздействие на коррозионное положение оказывают микроорганизмы, попавшие под отслоившуюся, либо разрушенную изоляцию из почвы. Биокоррозии в основном подвержены и днища, и нижние пояса резервуаров. Эти части резервуаров корродируют под действием подтоварной воды, содержащей микроорганизмы. Колонии микроорганизмов могут образовывать наросты и слизи на поверхности металлов, под которыми развивается язвенное поражение [7].

В связи с этим актуальными являются исследования механизмов, описывающих формирование биокоррозии металлов, используемых в нефтегазовой отрасли.

В промышленно развитых странах ежегодная официально зарегистрированная сумма потерь

металлов колеблется в пределах 2...3 %. В Российской Федерации ущерб нефтепромышленности по причине жизнедеятельности микроорганизмов составляет порядка 2 % суммарного объема металла по всей стране, из них 70...80 % относятся к потерям от биологической коррозии в результате жизненных процессов сульфатвосстанавливающих бактерий [8].

В то же время известно, что кроме сульфатвосстанавливающих бактерий многие микроорганизмы участвуют в процессах коррозии металлов и их сплавов: железовосстанавливающие, железокисляющие, а также многие нитратвосстанавливающие бактерии и фототрофные микроорганизмы [9, 10].

Именно последняя группа почвенных фототрофов в настоящее время недостаточно хорошо изучена, хотя она является началом трофических цепей, поддерживая почвенный пул организмов.

Цель исследований — изучение изменения механических свойств металла, подверженного биокоррозии, и выявление фототрофных микроорганизмов (цианобактерий и микроводорослей), контактирующих с поверхностью металла.

Методы исследования

В целях выявления влияния биокоррозии на механические характеристики трубопровода проведены исследования твердометрии по наружной



поверхности испытуемых образцов после выдержки в почве.

В качестве объекта исследований использовался фрагмент бесшовной горячедеформированной трубы (ГОСТ 32528—2013) из стали 09Г2С в состоянии поставки диаметром 108 мм и толщиной стенки 4 мм. При изготовлении образцов трубу нарезали на кольца длиной 10 мм и маркировали, а чтобы исключить попадание почвы на внутреннюю поверхность, образцы с двух сторон герметично закрывались заглушками.

Учитывая возможную неравномерность распределения микроорганизмов по глубине почвенного покрова, образцы были установлены на различной глубине 150, 300 и 600 мм в земле и выдерживались в течение 30, 60 и 90 суток. После истечения заданного промежутка времени образцы извлекались из почвы для дальнейших исследований. Распределение твердости металла определяли по окружности трубы с помощью твердомера Роквелла R574 по шкале HRB с шагом 14 мм.

Для изучения почвенных фототрофов отбирали пробы почвы с различной глубины закладки колец труб с целью определения видового состава цианобактерий и водорослей. Культивировали цианобактерии и водоросли в чашках Петри в течение 10...14 дней, определяли их систематическую принадлежность на стеклах "обрастания". Учитывали их встречаемость и проводили анализ жизненных форм (экобиоморф) [11].

Для изучения цианобактерий и водорослей, контактирующих с металлом, делали соскоб проржавевшего металла со стенок трубы и проводили посев на агаризованную среду Громова № 6 [11].

Результаты исследований

Проведенный эксперимент показал, что все образцы фрагментов трубы из стали, помещенные в почвенную среду на разные сроки, в большей или меньшей степени подверглись коррозии. Анализ полученных данных показал, что твердость фрагментов труб в состоянии поставки и образцов, выдержанных на различной глубине в течение 30 суток, сходны по своим характеристикам (рис. 1 — см. 2-ю стр. обложки). Тогда как у образцов, выдержанных в течение 60 суток, намечается тенденция к снижению характеристикам твердости (рис. 2 — см. 2-ю стр. обложки). Образцы, выдержанные в почве в течение 90 суток, по полученным значениям твердости уступают исходному образцу, не подверженному коррозии (рис. 3 — см. 2-ю стр. обложки). Таким образом, показано, что максимально изученная

Таблица 1

Твердость образцов после испытаний

Номер образца	Глубина залегания образцов, мм	Длительность выдержки в почве, сут	Среднее значение твердости по Роквеллу, HRB
Исходный	—	—	74,16
1	Поверхность	30	68,77
2	150	30	67,08
3	300	30	68,83
4	600	30	72,12
5	Поверхность	60	66,94
6	150	60	66,21
7	300	60	66,57
8	600	60	65,39
9	Поверхность	90	65,26
10	150	90	61,67
11	300	90	62,29
12	600	90	62,35

глубина залегания (600 мм) не влияет на твердость металла (табл. 1). Характеристика твердости металла зависит от времени выдержки в почве, что связано с более длительным контактом поверхности металла с почвенной средой.

Цианобактерии и водоросли выявлялись по всему изученному почвенному разрезу. Всего обнаружено 26 видовых и внутривидовых таксонов фототрофных микроорганизмов, из них к отделу Cyanobacteria (Cyanoprocarvota — Cyanophyta) относились 5 видов, Chlorophyta — 11, Xanthophyta и Bacillariophyta по пять видов соответственно (табл. 2). Спектр экобиоморф Ch — 8 видов, B — 5, H — 4, P — 2, C — 4, CF — 1, X — 1, amph — 1 вид. Как видно, преобладают представители экобиоморф Ch — одноклеточные формы, виды различных систематических групп, хорошо переносящие различные неблагоприятные условия, широко распространенные в различных почвенных экосистемах.

Из таблицы видно, что с увеличением глубины залегания почвы видовой состав цианобактерий и водорослей несколько обедняется. На большую глубину проникают виды родов *Chlamydomonas*, *Nostoc microscopium*, *Gloeobotris chlorinus*, *Chlorococcum infusionum*, *Phormidium foveolarum*, *Tetracystis aggregata*, *Microcystis aeruginosa*. В то же время необходимо отметить частую встречаемость многих видов в достаточно глубоких слоях (см. табл. 2). Этим, по-видимому, можно объяснить отсутствие различия в проявлении биокоррозии по всему изученному почвенному разрезу при одинаковой временной экспозиции.

При посеве коррозионного материала на агар-агар обнаруживались цианобактерии *Nostoc microscopium* и *Phormidium foveolarum*, которые,

Таблица 2

Таксономический и экологический анализ состава цианобактерий и водорослей изученной почвы

Виды микроорганизмов	Экобиоморфы	Поверхность	Глубина, мм		
			150	300	600
Отдел Cyanobacteria					
<i>Microcystis aeruginosa</i>	C	2	3	3	3
<i>Oscillatoria limosa</i>	amph	2	2	3	—
<i>Phormidium foveolarum</i>	P	3	—	3	3
<i>Phormidium autumnale</i>	P	3	2	—	—
<i>Nostoc microscopicum</i>	CF	3	1	2	3
Отдел Chlorophyta					
<i>Ulothrix variabilis</i>	H	2	1	—	—
<i>Stichococcus minor</i>	Ch	3	3	3	—
<i>Chlorococum infusionum</i>	Ch	3	—	3	3
<i>Chlamydomonas gloeogama</i>	C	2	3	3	3
<i>Chlamydomonas oblongella</i>	C	—	3	2	3
<i>Chlamydomonas intermedia</i>	C	2	1	2	2
<i>Chlorella vulgaris</i>	Ch	1	3	3	1
<i>Chlorella mirabilis</i>	Ch	3	2	2	3
<i>Tetracystis aggregata</i>	X	2	3	—	1
<i>Dictyochloris fragrans</i>	Ch	1	3	3	2
<i>Dictyococcus varians</i>	Ch	2	2	3	3
Отдел Xanthophyta					
<i>Botrydiopsis eriensis</i>	Ch	3	2	—	3
<i>Gloeobotris chlorinus</i>	Ch	2	3	3	3
<i>Chloropedia plana</i>	H	2	—	—	2
<i>Tribonema monochloron</i>	H	3	1	—	—
<i>Heterothrix debilis</i>	H	3	1	—	—
Отдел Bacillariophyta					
<i>Pinnularia boreales</i>	B	3	3	2	—
<i>Navicula oblonga</i>	B	1	2	3	—
<i>Nitzschia palea</i>	B	—	1	2	1
<i>Nitzschia sp.</i>	B	3	—	—	—
<i>Hantzschia amphioxys</i>	B	3	2	3	3
ВСЕГО		24	23	20	17
Примечание: цифры в таблице означают встречаемость цианобактерий и водорослей на стекле обрастания: 1 — редко; 2 — средне; 3 — часто					

разрастаясь и образуя пленки в почве, создают условия для поселения в них других микроорганизмов. Им сопутствовали одноклеточные представители зеленых водорослей — виды родов *Chlorella*, *Chlamydomonas*.

Заключение

Исследования показали, что фрагменты труб из стали 09Г2С за изученный период времени (30...90 суток) подверглись коррозионному процессу. Визуально невооруженным глазом было хорошо заметен коррозионный слой, также отмечено

уменьшение твердости металла, установлена зависимость этой величины от длительности экспозиции образцов стали в почве. Определен состав фототрофных микроорганизмов, обитающих в почвенной среде (идентифицировано 26 видовых и внутривидовых таксонов) и находящихся в тесном контакте с металлом (цианобактерии — пленкообразователи и сопутствующие им одноклеточные зеленые водоросли). Вопрос влияния фототрофных микроорганизмов на коррозию металлов требует дальнейшего изучения, так как имеются данные о том, что некоторые мультивидовые пленки, состоящие из микробных сообществ, могут быть использованы для защиты от коррозии путем подбора состава микроорганизмов, изучения их взаимоотношений [12].

Список литературы

1. **Бажанова М. Е., Ерофеев В. Т., Бобрышев А. Н.** Исследование стойкости полимерных и металлополимерных трубопроводных материалов в условиях воздействия почвенных микроорганизмов // Известия Юго-Западного государственного университета. — 2011. — № 5-2. — С. 415—421.
2. **Бажанова М. Е., Ерофеев В. Т.** Стойкость трубопроводных материалов в условиях воздействия почвенных микроорганизмов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. — 2012. — № 1. — С. 31—33.
3. **Баринов В. М.** Защита от коррозии кабельных линий 610-35-110-220 КВ в Санкт-Петербурге // Электротехника. — 2009. — № 3. — С. 64—67.
4. **Бондаренко А. В.** Современные средства катодной защиты подземных трубопроводов от почвенной коррозии. Автоматические выпрямители // Практика противокоррозионной защиты. — 2003. — № 2. — С. 15—16.
5. **Бондаренко А. В.** Современные средства катодной защиты подземных трубопроводов от почвенной коррозии. Дополнительное оборудование // Практика противокоррозионной защиты. — 2003. — № 3. — С. 59—60.
6. **Защита** промышленных трубопроводов от почвенной коррозии / К. Н. Нагуманов, Р. А. Андреев, С. М. Насибуллин, Г. И. Лоренцева // Нефтяное хозяйство. — 2005. — № 4. — С. 66—68.
7. **Медведева М. Л., Мурадов А. В., Прыгаев А. К.** Коррозия и защита магистральных трубопроводов и резервуаров: Учебное пособие для вузов нефтегазового профиля. — М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2013. — С. 102—106.
8. **Галлеев Р. Г.** Повышение выработки трудноизвлекаемых запасов углеводородного сырья. — М., 1997. — 352 с.
9. **Videla H. A., Herrera L. K.** Understanding microbial inhibition of corrosion. A comprehensive overview // Int. Biodeterior. Biodegr. — 2009. — V. 63. — P. 896—900.
10. **Kip N., van Veen J. A.** The dual role of microbes in corrosion // ISME J. — 2015. — V. 9. — P. 542—555.
11. **Шарипова М. Ю., Дубовик И. Е.** Альгология: Учебное пособие. — Уфа: РИЦ БашГУ, 2017. — 204 с.
12. **Ножевникова А. Н., Бочкова Е. А., Плакунов В. К.** Мультивидовые биопленки в экологии, медицине и биотехнологии // Микробиология. — 2015. — Т. 84. — № 6. — С. 623—644.



I. E. Dubovik¹, Professor, dubovikie@mail.ru, E. A. Naumkin², Associate Professor, M. J. Sharipova¹, Associate Professor, L. Z. Teltsova¹, Associate Professor

¹ Bashkir State University, Ufa

² Ufa State Petroleum Technological University

The Effect of Bio-Corrosion on the Mechanical Properties of Pipeline Materials

The manifestation of metal corrosion and a decrease in its hardness depends on the time of exposure in the soil, which is associated with a longer contact of the metal surface with the soil environment is established. No association of the manifestation of bio-corrosion with the depth of the steel samples from the studied soil section at the same time exposure was found.

The composition of phototrophic microorganisms living in the soil environment has been determined (26 species and intraspecific taxa have been identified) and in close contact with the metal (cyanobacteria are film formers and the unicellular green algae accompanying them).

Keywords: biocorrosion, hardness, cyanobacteria, algae, metal

References

1. **Bazhanova M. E., Erofeev V. T., Bobryshev A. N.** Issledovanie stojkosti polimernyh i metallopolimernyh truboprovodnyh materialov v usloviyah vozdeystviya pochvennyh mikroorganizmov. *Izvestiya Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*. 2011. № 5-2. P. 415–421.
2. **Bazhanova M. E., Erofeev V. T.** Stojkost' truboprovodnyh materialov v usloviyah vozdeystviya pochvennyh mikroorganizmov. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta im. V. G. Shuhova*. 2012. № 1. P. 31–33.
3. **Barinov V. M.** Zashhita ot korrozii kabel'nyh linij 610-35-110-220 KV v Saint-Petersburge. *Jeletrotehnika*. 2009. No. 3. P. 64–67.
4. **Bondarenko A. V.** Sovremennye sredstva katodnoj zashhity podzemnyh truboprovodov ot pochvennoj korrozii. *Avtomaticheskie vypryamiteli. Praktika protivokorroziionnoj zashhity*. 2003. No. 2. P. 15–16.
5. **Bondarenko A. V.** Sovremennye sredstva katodnoj zashhity podzemnyh truboprovodov ot pochvennoj korrozii. *Dopolnitel'noe oborudovanie. Praktika protivokorroziionnoj zashhity*. 2003. No. 3. P. 59–60.
6. **Zashhita promyslovyh truboprovodov ot pochvennoj korrozii.** K. N. Nagumanov, R. A. Andreev, S. M. Nasibullin, G. I. Lorenceva. *Nefjanoe hozjajstvo*. 2005. No 4. P. 66–68.
7. **Medvedeva M. L., Muradov A. V., Prygaev A. K.** Korrozija i zashhita magistral'nyh truboprovodov i rezervuarov: Uchebnoe posobie dlja vuzov neftegazovogo profilja. Moscow: Izdatel'skij centr RGU nefti i gaza imeni I. M. Gubkina, 2013. P. 102–106.
8. **Galleev R. G.** Povyshenie vyrabotki trudnoizvlekaemyh zapasov uglevodorodnogo syr'ja. Moscow, 1997. 352 p.
9. **Videla H. A., Herrera L. K.** Understanding microbial inhibition of corrosion. A comprehensive overview. *Int. Biodegr. Biodegr.* 2009. Vol. 63. P. 896–900.
10. **Kip N., van Veen J. A.** The dual role of microbes in corrosion. *ISME J.* 2015. Vol. 9. P. 542–555.
11. **Sharipova M. Ju., Dubovik I. E.** Al'gologija: uchebnoe posobie. Ufa: RIC BashGU, 2017. 204 p.
12. **Nozhevnikova A. N., Bochkova E. A., Plakunov V. K.** Mul'tividovye bioplenki v jekologii, medicine i biotehnologii. *Mikrobiologija*. 2015. Vol. 84. No. 6. P. 623–644.

Информация

Уважаемые авторы и подписчики журнала!

Обращаем ваше внимание, что на сайте ВАК РФ размещен документ, озаглавленный "Справочная информация об отечественных изданиях, которые входят в международные реферативные базы данных и системы цитирования и в соответствии с пунктом 5 правил формирования перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее — Перечень), утвержденных приказом Минобрнауки России от 12 декабря 2016 г. № 1586 (зарегистрирован Минюстом России 26 апреля 2017 г., регистрационный № 46507), с изменениями, внесенными приказом Минобрнауки России от 12 февраля 2018 г. № 99 (зарегистрирован Минюстом России 15 марта 2018 г., регистрационный № 50368), считаются включенными в Перечень". Журнал "Безопасность жизнедеятельности" включен в этот список (поз. 328, список от 24.07.19). Считаю необходимым подчеркнуть, что текст п. 5 Правил формирования Перечня имеет продолжение: "по отраслям науки, соответствующим их профилю". Напомним, что еще до выхода первого номера журнала в январе 2001 г. в качестве основных тематических направлений профиля были определены вопросы безопасности деятельности человека, экологии и преподавания соответствующих дисциплин в высшей школе.

УДК 614

Ю. Н. Эйдемиллер, канд. техн. наук, доц., e-mail: eidem73@mail.ru,
А. М. Платонова, студент, Уфимский государственный авиационный
технический университет

Современное состояние проблемы обеспечения пожарной безопасности высших учебных заведений

Проведен анализ пожарной опасности высшего учебного заведения, смоделированы сценарии возможной чрезвычайной ситуации, определены индивидуальный и социальный риск. Подобраны технические решения, направленные на повышение пожарной безопасности функционирования объекта с массовым пребыванием людей. Установлено, что повышение устойчивости функционирования высшего учебного заведения достигается при установке системы противодымной вентиляции, системы дымоудаления и автоматической системы пожаротушения.

Ключевые слова: объект с массовым пребыванием людей, пожарный риск, дерево событий, индивидуальный риск, социальный риск

Введение

Одной из актуальных проблем образования в Российской Федерации является вопрос, связанный с созданием безопасных условий функционирования образовательных учреждений, в том числе в части обеспечения пожарной безопасности [1].

Пожары в высших учебных заведениях (вузах), как правило, создают опасность не только самим обучающимся, но и угрозу быстрого распространения огня внутри помещений как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях.

По функциональной пожарной опасности здания вузов относятся к классу Ф 4.2 [2]. Весь контингент в зданиях — люди взрослого возраста, как правило, хорошо знакомые с планировкой помещений и расположением путей эвакуации. Поскольку основной деятельностью, осуществляемой в высших учебных заведениях, является образовательный процесс, здания университета в основном состоят из учебных помещений, однако наряду с этим в зданиях осуществляется и вспомогательная деятельность: организация питания, общественные мероприятия, руководство образовательным процессом и т. п., для реализации которых предусматриваются специальные помещения: столовые, буфеты, актовые и спортивные залы, офисные помещения и др. Все помещения, отвечающие главным и вспомогательным функциям, связываются между собой коммуникационными помещениями (коридорами, лестницами, вестибюлями и др.), основное назначение которых обеспечивать передвижение людей [3].

Пожарная безопасность в учреждениях системы образования зависит от многих факторов:

- степени износа основных фондов;
- наличия значительной пожарной нагрузки и возможных источников возгорания;
- здания учебных заведений характеризуются системой коридорной планировки, что способствует быстрому задымлению и распространению огня при пожаре;
- человеческого фактора и т. д. [1].

Наибольшую опасность для обучающихся и сотрудников образовательных учреждений представляют чрезвычайные ситуации с быстроразвивающимися поражающими факторами [1].

В целях выработки рекомендаций по выполнению требований пожарной безопасности к зданиям и сооружениям высших учебных заведений проведено моделирование возможных сценариев развития пожара в одном из корпусов вуза "N" и дана оценка индивидуального и пожарного риска. Здание корпуса состоит из учебных помещений (аудитории для проведения лекций, химические и компьютерные лаборатории, аудитории с оборудованием) и выполняет свою главную функцию — проведение учебных занятий. Также здание выполняет и вспомогательную функцию. В нем имеются кабинеты для руководства и учебно-вспомогательного персонала. Кроме того, в здании находится подвал, в котором располагается склад хранения химических веществ. В корпусе имеются коммуникационные помещения: лестницы, коридоры. Между корпусами установлены противопожарные двери.



Средняя вместимость расположенных в здании аудиторий — до 100 мест, само здание относится к IV степени огнестойкости и к С1, С3 классам конструктивной пожарной опасности [4].

Согласно проведенному анализу, наиболее распространенными нарушениями требований пожарной безопасности, создающими угрозу жизни или здоровью обучающихся в рассматриваемом корпусе, могут быть:

- 1) несоблюдение требований пожарной безопасности при хранении веществ и материалов;
- 2) неисправность или отсутствие систем противопожарной защиты, в том числе: систем автоматической пожарной сигнализации, оповещения людей о пожаре, противодымной защиты и пожарного водоснабжения;
- 3) неправильная эксплуатация электрооборудования;
- 4) невозможность быстрой эвакуации, вследствие отсутствия доступа к эвакуационным путям [5].

На основе статистических данных о наиболее крупных пожарах в высших учебных заведениях

за последние 5 лет, выполнено моделирование возможных сценариев развития пожара в корпусе вуза "N".

Сценарий 1. Из-за значительного количества подключенного электрооборудования в химической лаборатории произошла перегрузка электрической сети и скачек силы тока, вследствие чего развилось нагревание и загорание электрической проводки.

Сценарий 2. В результате нарушения правил организации безопасного хранения химических веществ на складе, расположенном на цокольном этаже, произошло химическое самовозгорание, перешедшее в пожар.

Путем построения дерева отказов проведен анализ причин возможных отказов. На рис. 1 представлено дерево отказов пожара в химической лаборатории (сценарий С1).

Пожар в химической лаборатории может развиваться по одному из альтернативных событий — событию В (замыкание проводки). В табл. 1 приведены вероятности возникновения событий, которые могут привести к пожару в химической лаборатории.

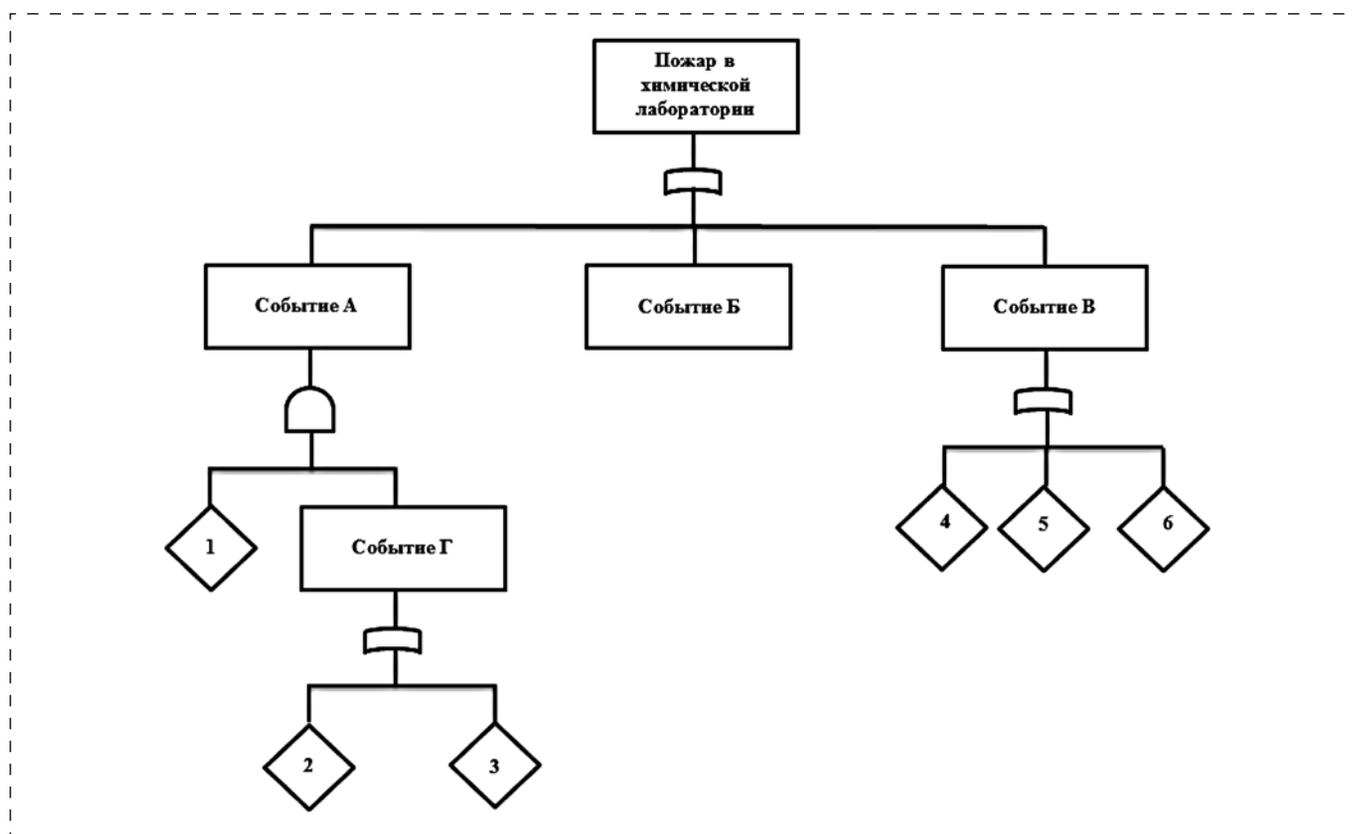


Рис. 1. Дерево отказов возникновения пожара в химической лаборатории:

событие А — ошибка при проведении химического эксперимента; событие Б — химическое самовоспламенение при несоблюдении правил хранения химических веществ; событие В — замыкание проводки; событие Г — невозможность быстрой локализации воспламенения; 1 — воспламенение горючего вещества; 2 — неисправность огнетушителя; 3 — неумение пользоваться огнетушителем; 4 — нарушение изоляции проводки; 5 — неисправность электрооборудования; 6 — подключение чрезмерного количества потребителей

Таблица 1

Вероятность возникновения событий, которые могут привести к пожару в химической лаборатории

№	Событие	Вероятность P, год ⁻¹
	Пожар в химической лаборатории (P _{хим.лаб})	
A	Ошибка при проведении химического эксперимента (P _A)	
Б	Химическое самовоспламенение при несоблюдении правил хранения химических веществ (P _Б)	1,5·10 ⁻⁴
В	Замыкание проводки (P _В)	
Г	Невозможность быстрой локализации воспламенения (P _Г)	
1	Воспламенение горючего вещества (P ₁)	6·10 ⁻²
2	Неисправность огнетушителя (P ₂)	3·10 ⁻²
3	Неумение пользоваться огнетушителем (P ₃)	1,2·10 ⁻³
4	Нарушение изоляции проводки (P ₄)	1,4·10 ⁻³
5	Неисправность электрооборудования (P ₅)	2,2·10 ⁻⁵
6	Подключение чрезмерного количества потребителей (P ₆)	4·10 ⁻²

Расчет вероятностей головных событий произведен по методике [6]. Вероятность независимых событий вычислялась по следующим формулам:

1) логическое "И" (головное событие происходит в случае одновременного появления событий $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$):

$$P(A_1, A_2, A_3, \dots, A_n) = \prod_i^n P(A_i); \quad (1)$$

2) логическое "ИЛИ" (головное событие происходит при выполнении любого из событий $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$):

$$P(A_1, A_2, A_3, \dots, A_n) = 1 - \prod_i^n P(1 - A_i). \quad (2)$$

Используя формулы (1) и (2), рассчитали вероятность пожара в химической лаборатории.

$$P_{\Gamma} = 1 - (1 - 3 \cdot 10^{-2})(1 - 1,2 \cdot 10^{-3}) = 3,11 \cdot 10^{-2};$$

$$P_A = 6 \cdot 10^{-2} \cdot 3,11 \cdot 10^{-2} = 1,87 \cdot 10^{-3};$$

$$P_B = 1 - (1 - 1,4 \cdot 10^{-3}) \times (1 - 2,2 \cdot 10^{-5})(1 - 4 \cdot 10^{-2}) = 4,13 \cdot 10^{-2};$$

$$P_{\text{хим.лаб}} = 1 - (1 - 1,87 \cdot 10^{-3}) \times (1 - 1,5 \cdot 10^{-4})(1 - 4,13 \cdot 10^{-2}) = 4,32 \cdot 10^{-2}.$$

Согласно Приказу МЧС России [7], вероятность возникновения пожара в высшем учебном заведении составляет $1,398 \cdot 10^{-1}$, следовательно, рассчитанная вероятность пожара в химической лаборатории является приемлемой, так как $4,32 \cdot 10^{-2} < 1,398 \cdot 10^{-1}$.

Дерево событий для сценария 1 приведено на рис. 2.

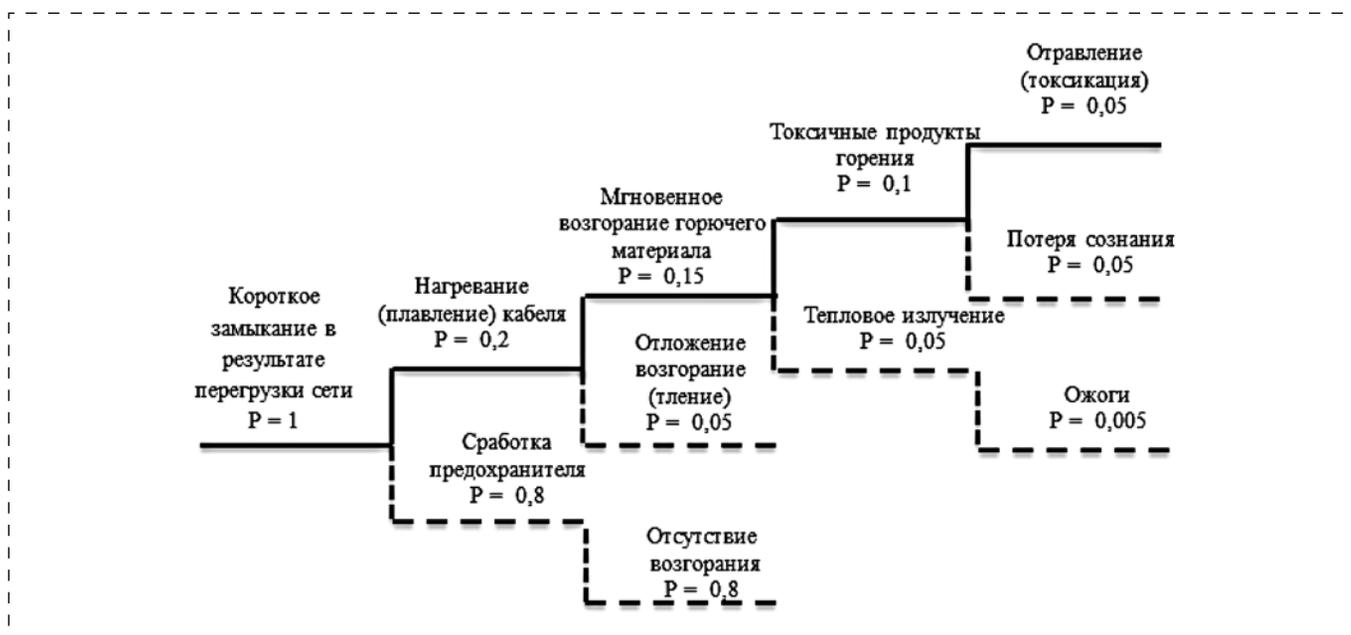


Рис. 2. Дерево событий вследствие короткого замыкания в химической лаборатории:

P — принятая вероятность события; — — сценарий, в результате которого нарушаются безопасные условия жизнедеятельности студентов и преподавателей; — — наиболее вероятный сценарий развития

При реализации сценария пожара в химической лаборатории в результате короткого замыкания нарушаются безопасные условия жизнедеятельности студентов и преподавателей, что в дальнейшем приводит к отравлению (токсикации) организма (см. рис. 2).

Дерево отказов для анализа пожара в подвале, из-за химического самовозгорания (сценарий 2) приведено на рис. 3.

Пожар в подвале может развиваться по одному из альтернативных событий — событие Б (самовоспламенение при неправильном хранении химических веществ). Вероятности возникновения событий для пожара в подвале приведены в табл. 2.

Используя формулы (1) и (2), рассчитаем вероятность пожара в подвале.

$$P_{\Gamma} = 1 - (1 - 1,5 \cdot 10^{-2})(1 - 1,7 \cdot 10^{-4}) = 1,52 \cdot 10^{-2};$$

$$P_A = 1 - (1 - 1,4 \cdot 10^{-3}) \times (1 - 2,2 \cdot 10^{-5})(1 - 1,52 \cdot 10^{-2}) = 1,67 \cdot 10^{-2};$$

$$P_D = 1 - (1 - 0,01)(1 - 1,2 \cdot 10^{-2}) = 2,19 \cdot 10^{-2};$$

$$P_{\text{подвал}} = 1 - (1 - 1,67 \cdot 10^{-2})(1 - 1,5 \cdot 10^{-4}) \times (1 - 1,2 \cdot 10^{-5})(1 - 2,19 \cdot 10^{-2})(1 - 1,6 \cdot 10^{-5}) = 3,84 \cdot 10^{-2}.$$

Таблица 2

Вероятность возникновения событий для пожара в подвале

№	Событие	Вероятность P , год ⁻¹
	Пожар в подвале ($P_{\text{подвал}}$)	
А	Замыкание проводки (P_A)	
Б	Самовоспламенение при неправильном хранении химических веществ (P_B)	$1,5 \cdot 10^{-4}$
В	Искра в результате проведения ремонтных сварочных работ без принятия мер безопасности (P_B)	$1,2 \cdot 10^{-5}$
Г	Намокание проводки (P_{Γ})	
Д	Несоблюдение мер пожарной безопасности (P_D)	$1,4 \cdot 10^{-3}$
Е	Террористический акт (P_E)	$1,6 \cdot 10^{-5}$
1	Нарушение изоляции проводки (P_1)	$1,4 \cdot 10^{-3}$
2	Неисправность электрооборудования (P_2)	$2,2 \cdot 10^{-5}$
3	Протечка водопроводных коммуникаций (P_3)	$1,5 \cdot 10^{-2}$
4	Затопление с верхних этажей подвала (P_4)	$1,7 \cdot 10^{-4}$
5	Неосторожное обращение с открытым огнем (P_5)	0,01
6	Курение в помещении (P_6)	$1,2 \cdot 10^{-2}$

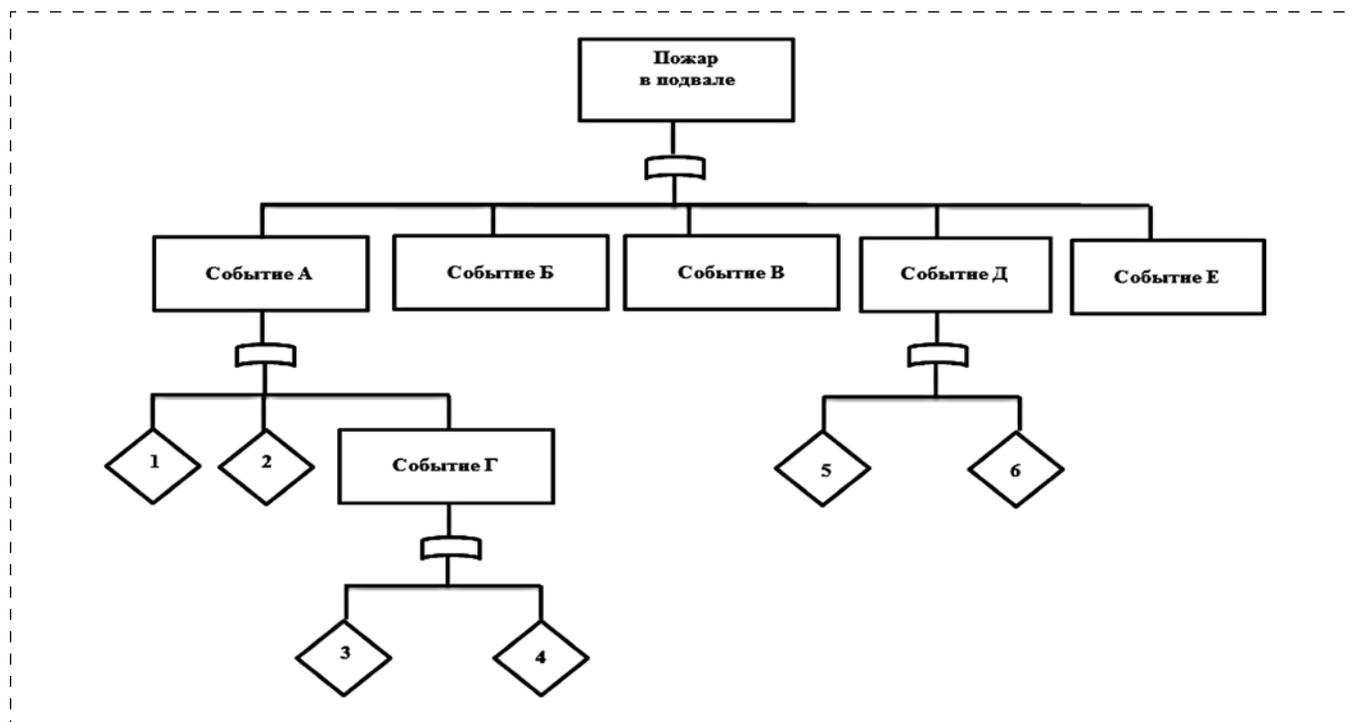


Рис. 3. Дерево отказов возникновения пожара в подвале:

событие А — замыкание проводки; событие Б — самовоспламенение при неправильном хранении химических веществ; событие В — искра в результате проведения ремонтных сварочных работ без принятия мер безопасности; событие Г — намокание проводки; событие Д — несоблюдение мер пожарной безопасности; событие Е — террористический акт; 1 — нарушение изоляции проводки; 2 — неисправность электрооборудования; 3 — протечка водопроводных коммуникаций; 4 — затопление с верхних этажей подвала; 5 — неосторожное обращение с открытым огнем; 6 — курение в помещении

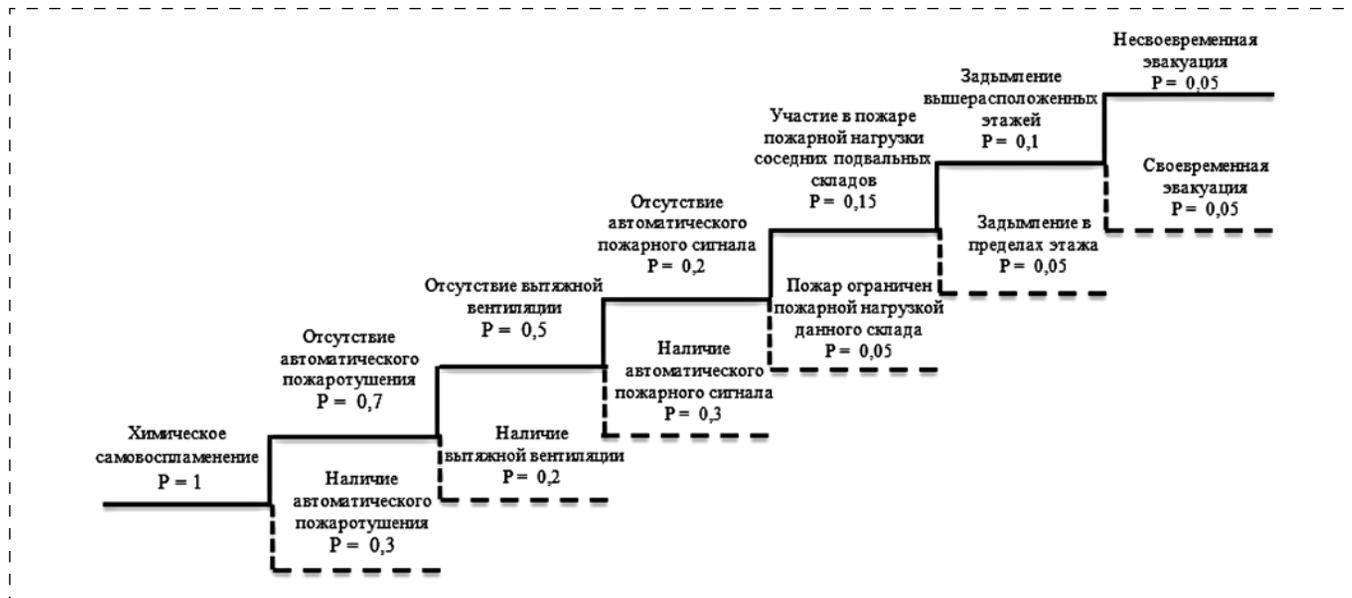


Рис. 4. Дерево событий для сценария пожара вследствие неправильного хранения химических реагентов: P — принятая вероятность события; — — сценарий, в результате которого нарушаются безопасные условия жизнедеятельности студентов и преподавателей; — — наиболее вероятный сценарий развития

Учитывая, что вероятность возникновения пожара в высшем учебном заведении составляет $1,398 \cdot 10^{-1}$ [7], рассчитанная вероятность является приемлемой, так как $3,84 \cdot 10^{-2} < 1,398 \cdot 10^{-1}$.

На рис. 4 приведено дерево событий для сценария 2.

Из рисунка видно, что при реализации данного сценария существует угроза быстрого распространения огня внутри помещений как в вертикальном, так и в горизонтальном направлениях, что существенно затрудняет своевременную эвакуацию обучающихся и преподавателей.

Для оценки степени риска разработанных сценариев 1 и 2 и определения числа возможных пострадавших произведен расчет индивидуального и социального пожарного риска.

Величины индивидуального пожарного риска рассчитаны согласно методике [7]. В качестве исходных данных принято, что в вузе "N" отсутствует система автоматического пожаротушения, а среднее время нахождения людей в здании университета составляет 10 ч. Выбор способа эвакуации производился с учетом специфических особенностей объемно-планировочных решений здания, а также особенностей контингента (его однородности), находящегося в нем. Возможный путь эвакуации разбили на три участка с расчетным временем эвакуации на первом участке пути длиной 20 м, равным 0,67 мин, на втором участке пути длиной 200 м — 2,95 мин, на третьем участке пути длиной 80 м — 1,7 мин.

Расчет вероятности эвакуации выполнен для двух случаев:

1. Когда время на открытие эвакуационных дверей не учитывается, т. е. ключ находится рядом, в результате чего вероятность эвакуации составила $P_э = 0,54$.

2. Когда время на открытие эвакуационных дверей учитывается, т. е. ключ находится на вахте, в результате чего вероятность эвакуации составила $P_э = 0,04$.

Итоговая расчетная величина индивидуально-пожарного риска $Q_в$ рассчитывается согласно методике [7] по следующей формуле:

$$Q_в = Q_п(1 - R_{ап})P_{пр}(1 - P_э)(1 - P_{п.з}), \quad (3)$$

где $Q_п$ — частота возникновения пожара в здании в течение года, определяется на основании статистических данных, приведенных в Приложении № 1 методики [7]; $R_{ап}$ — вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения (АУПТ); значение параметра $R_{ап}$ определяется технической надежностью элементов АУПТ, приводимых в технической документации; при отсутствии в здании систем автоматического пожаротушения $R_{ап}$ принимается равной нулю; $P_{пр}$ — вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения $P_{пр} = t_{функц}/24$, где $t_{функц}$ — время нахождения людей в здании, ч; $P_э$ — вероятность эвакуации людей; $P_{п.з}$ — вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.



$Q_B = 1,398 \cdot 10^{-1} \cdot (1 - 0) \cdot 0,42 \cdot (1 - 0,54) \cdot (1 - 0,64) = 0,001 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$ — без учета времени на открывание эвакуационных дверей;

$Q_B = 1,398 \cdot 10^{-1} \cdot (1 - 0) \cdot 0,42 \cdot (1 - 0,04) \cdot (1 - 0,64) = 0,021 = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$ — с учетом времени на открывание эвакуационных дверей.

Таким образом, при расчете величины индивидуального пожарного риска оказалось, что она не соответствует требуемому нормативному значению индивидуального пожарного риска.

Для оценки критичности смоделированной ситуации при прогнозируемой численности санитарных потерь среди людей $N_{\text{общ}} = 200$ человек определим вероятные санитарные потери среди людей по методике методических указаний [8].

Число людей, не получивших ранение:

$$N_{\text{не пораж}} = \frac{N_{\text{общ}} \cdot 37\%}{100\%} = \frac{200 \cdot 37}{100} = 74 \text{ человека.} \quad (4)$$

Число людей, получивших поражение легкой степени:

$$N_{\text{легкая степень}} = \frac{N_{\text{общ}} \cdot 15\%}{100\%} = \frac{200 \cdot 15}{100} = 30 \text{ человек.} \quad (5)$$

Число людей, получивших поражение средней степени:

$$N_{\text{средняя степень}} = \frac{N_{\text{общ}} \cdot 13\%}{100\%} = \frac{200 \cdot 13}{100} = 26 \text{ человек.} \quad (6)$$

Итоговые расчеты индивидуального пожарного риска и численности санитарных потерь среди людей представлены в табл. 3.

Таблица 3

Индивидуальный пожарный риск и численность санитарных потерь среди людей

Параметр	Значение параметра	Нормативное значение
Индивидуальный пожарный риск при расчетном времени эвакуации t_p	$t_p = 5,35 \text{ мин}$	$1 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$
	$t_p = 6,85 \text{ мин}$	$2,1 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$
Число людей, не получивших ранение	74	—
Число людей, получивших поражение легкой степени	30	—
Число людей, получивших поражение средней степени	26	—

Из таблицы видно, что индивидуальный пожарный риск не соответствует нормативному значению. При оценке вероятных санитарных потерь среди людей 37 % людей не получают ранение, 15 % людей получают поражение легкой степени, 13 % получают поражение средней степени.

Далее выполнен расчет величины социального риска Q_{10} , который оценивается как вероятность гибели в результате пожара 10 и более человек в течение года. Расчет производился согласно ГОСТ 12.1.004—91 [9].

Для зданий и помещений величина Q_{10} рассчитывается по формуле:

$$Q_{10} = \begin{cases} 0, & \text{если } t_p + \tau_{\text{нэ}} \leq t_{\text{нб}} \\ 0, & \text{если } t_p < t_{\text{нб}} < t_p + \tau_{\text{нэ}} \text{ и } N < 10 \\ \frac{M - 9}{M}, & \text{если } t_p < t_{\text{нб}} < t_p + \tau_{\text{нэ}} \text{ и } M \geq 10, \end{cases} \quad (7)$$

где M — максимально возможное число погибших в результате пожара, чел; t_p — расчетное время эвакуации, мин; $\tau_{\text{нэ}}$ — время начала эвакуации людей, мин; $t_{\text{нб}}$ — время начала блокирования путей, мин; N — количество работающих в помещении (здании), чел.

Максимально возможное число погибших в результате пожара определяется по формуле:

$$M = N \frac{t_p + \tau_{\text{нэ}} - t_{\text{нб}}}{t_p}. \quad (8)$$

Вероятность гибели от пожара 10 и более человек в течение года рассчитывают по формуле:

$$R_{10} = Q_{\text{п}} P_{\text{пр}} (1 - P_3) (1 - P_{\text{пз}}) Q_{10}, \quad (9)$$

где $Q_{\text{п}}$ — частота возникновения пожара в здании в течение года, определяется на основании статистических данных, приведенных в Приложении № 1 [7] (для высших учебных заведений $Q_{\text{п}} = 1,398 \cdot 10^{-1} \text{ год}^{-1}$); $P_{\text{пр}}$ — вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения $P_{\text{пр}} = t_{\text{функц}}/24$; $t_{\text{функц}}$ — время нахождения людей в здании, ч (в среднем время нахождения людей в здании университета составляет 10 ч, следовательно, $P_{\text{пр}} = 10/24 = 0,42$); P_3 — вероятность эвакуации людей; $P_{\text{пз}}$ — вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

Расчет социального пожарного риска выполнен также для двух случаев:

1. Когда время на открытие эвакуационных дверей не учитывается, т. е. ключ находится рядом. В результате расчетная величина $Q_{10} = 0$, т. е. вероятность гибели людей в этом случае равна 0.

2. Когда время на открытие эвакуационных дверей учитывается, т. е. ключ находится на вахте. В этом случае расчетная величина $Q_{10} = 0,74$.

Вероятность гибели от пожара 10 и более человек в течение года рассчитана по формуле (9):

$$R_{10} = 1,398 \cdot 10^{-1} \cdot 0,42 \cdot (1 - 0,04)(1 - 0,64) \cdot 0,74 = 3,6 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1},$$

где $P_3 = 0,04$ (случай, когда время на открытие эвакуационных дверей учитывается, т. е. ключ находится на вахте); $P_{пз} = 0,64$ (случай, когда в университете нет системы дымоудаления).

Поскольку согласно Федеральному закону № 123-ФЗ [2] величина социального пожарного риска в зданиях не должна превышать $1 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$, сделан вывод, что рассчитанная величина социального пожарного риска больше нормативного.

В табл. 4 приведены сводные результаты расчетов.

Безопасность людей при пожаре в здании и сооружении считается обеспеченной, если вероятность воздействия опасных факторов пожара на человека не превышает 10^{-6} в год. Для достижения нормативного индивидуального пожарного риска в корпусе вуза "N" необходимы мероприятия по повышению противопожарной защиты.

Таблица 4

Результаты моделирования аварийной ситуации и расчет рисков в корпусе высшего учебного заведения "N"

Параметр	Значение параметра	Нормативное значение
Вероятность возникновения пожара в аудитории	$2,35 \cdot 10^{-2}$	$1,398 \cdot 10^{-1}$
Вероятность возникновения пожара в химической лаборатории	$4,32 \cdot 10^{-2}$	$1,398 \cdot 10^{-1}$
Вероятность возникновения пожара на складе	$3,84 \cdot 10^{-2}$	$1,398 \cdot 10^{-1}$
Индивидуальный пожарный риск при расчетном времени эвакуации	$t_p = 5,35 \text{ мин}$	$1 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$
	$t_p = 6,85 \text{ мин}$	$2,1 \cdot 10^{-2} \text{ год}^{-1}$
Число людей, не получивших ранение	74	—
Число людей, получивших поражение легкой степени	30	—
Число людей, получивших поражение средней степени	26	—
Социальный пожарный риск при расчетном времени	$t_p = 5,35 \text{ мин}$	—
	$t_p = 6,85 \text{ мин}$	$3,6 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1}$

Система оповещения и управления эвакуацией представляет собой комплекс организационных мероприятий и технических средств, предназначенных для своевременного сообщения людям информации о возникновении пожара, необходимости эвакуации, имеющихся путях и очередности эвакуации.

Автоматическая система пожаротушения представляет собой многофункциональную систему, состоящую из целого комплекса алгоритмов: контроля состояния установленных датчиков, системы отслеживания температурного порога, включения световых сигнализаций и звукового оповещения, автоматического запуска системы пожаротушения. Сегодня ликвидация возгораний автоматической системой водяного пожаротушения считается наиболее эффективным безопасным методом борьбы с огнем. 90 % пожаров ликвидируются благодаря подобным установкам.

Главная задача системы дымоудаления — обеспечить эвакуацию людей из здания, а именно — обеспечить незадымляемость помещений, коридоров и лестниц. При пожаре самое страшное вовсе не огонь, а именно дым. Окись углерода или угарный газ в дозах 0,4 % приводит к смерти. Всего за несколько минут воздействия плотного слоя дыма человек теряет сознание [10]. Таким образом, система противодымной вентиляции решает две основные задачи:

- обеспечивает незадымляемость путей эвакуации из здания;
- обеспечивает доступ пожарных подразделений в горящее здание.

Основная цель приточной системы противодымной вентиляции — обеспечить свободное открытие эвакуационных дверей. Подача воздуха такой системы осуществляется в нижнюю часть помещения, т. е. в часть помещения ниже верхней отсечки дверного проема. Системы дымоудаления представляют собой комплексные решения, в состав которых входят:

— дымоприемные устройства (клапаны дымоудаления) — устанавливаются в защищаемых помещениях, обеспечивают приемку дымовых газов и их направление в дымовые шахты;

— вентиляторы дымоудаления — для создания разрежения и отсоса дымовых газов из защищаемых помещений;

— вентиляционные каналы (воздуховоды), шахты — для транспортировки дымовых газов из защищаемых помещений наружу, выполняются из негорючих материалов;

— вентиляторы подпора воздуха — для создания избыточного давления в лифтовых шахтах, лестничных клетках, тамбур-шлюзах с целью исключения их задымления;



— огнезадерживающие клапаны — устанавливаются в системах вытяжной и общеобменной вентиляции для ограничения распространения по ним опасных факторов пожара [11].

Приняв, что перечисленные мероприятия реализуются в вузе "N", рассчитаем индивидуальный пожарный риск при различных условиях выполнения мероприятий по обеспечению пожарной безопасности. Рассчитаем индивидуальный пожарный риск для нескольких случаев, приняв, что расчетное время эвакуации и время блокирования путей остается неизменным ($t_p = 5,35$ мин; $t_{бл} = 8,7$ мин).

1-й случай. При наличии в вузе *системы оповещения и управления эвакуацией* начало эвакуации сократится на 1,5 мин ($t_{нэ} = 1,5$ мин), таким образом вероятность эвакуации людей станет равной $P_э = 0,999$.

Вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты рассчитывается по формуле:

$$P_{пз} = 1 - (1 - R_{обн} \cdot R_{СОУЭ})(1 - R_{обн} \cdot R_{пдз}), \quad (10)$$

где $R_{обн}$ — вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации, при наличии в здании системы пожарной сигнализации $R_{обн} = 0,8$, при отсутствии такой системы $R_{обн}$ принимается равной нулю; $R_{СОУЭ}$ — условная вероятность эффективного срабатывания системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей (СОУЭ) в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации, при наличии в здании СОУЭ $R_{СОУЭ} = 0,8$, при отсутствии — принимается $R_{СОУЭ} = 0$; $R_{пдз}$ — условная вероятность эффективного срабатывания системы противодымной защиты (ПДЗ) в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации, при наличии в здании ПДЗ $R_{пдз} = 0,8$, при отсутствии ПДЗ — принимается $R_{пдз} = 0$.

Вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты $P_{пз}$ рассчитали по формуле (10):

$$P_{пз} = 1 - (1 - 0,8 \cdot 0,8)(1 - 0,8 \cdot 0) = 0,64.$$

Величина индивидуального пожарного риска Q_B рассчитывается согласно методике [7] по формуле (3)

$$Q_B = 1,398 \cdot 10^{-1}(1 - 0) \cdot 0,42 \times \\ \times (1 - 0,999)(1 - 0,64) = 2,11 \cdot 10^{-5}.$$

Полученное значение индивидуального пожарного риска $2,11 \cdot 10^{-5} \geq 10^{-6}$, т. е. больше нормативного значения.

2-й случай. При наличии в вузе *автоматической системы пожаротушения* ($R_{ап} = 0,9$; $t_{нэ} = 3$ мин) вероятность эвакуации людей $P_э = 0,54$, вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты $P_{пз} = 0,64$, следовательно, величина индивидуального пожарного риска Q_B согласно методике [7] рассчитывается по формуле (3)

$$Q_B = 1,398 \cdot 10^{-1}(1 - 0,9) \cdot 0,42 \times \\ \times (1 - 0,54)(1 - 0,64) = 9,7 \cdot 10^{-4}.$$

Полученное значение индивидуального пожарного риска $9,7 \cdot 10^{-4} \geq 10^{-6}$ больше нормативного значения.

3-й случай. При наличии в вузе *системы дымоудаления* ($R_{пдз} = 0,8$; $t_{нэ} = 3$ мин) вероятность эвакуации людей равна $P_э = 0,54$, вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты $P_{пз} = 0,87$, величина индивидуального пожарного риска согласно методике [7] рассчитывается по формуле (3)

$$Q_B = 1,398 \cdot 10^{-1}(1 - 0) \cdot 0,42 \times \\ \times (1 - 0,54)(1 - 0,87) = 2,74 \cdot 10^{-3}.$$

Полученный индивидуальный пожарный риск $2,74 \cdot 10^{-3} \geq 10^{-6}$, т. е. больше нормативного значения.

4-й случай. При наличии в вузе *приточной системы противодымной вентиляции и автоматической системы пожаротушения* ($t_{нэ} = 1,5$ мин; $R_{ап} = 0,9$) вероятность эвакуации людей $P_э = 0,999$, вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты $P_{пз} = 0,64$, величина индивидуального пожарного риска Q_B согласно методике [7] рассчитывается по формуле (3)

$$Q_B = 1,398 \cdot 10^{-1}(1 - 0,9) \cdot 0,42 \times \\ \times (1 - 0,999)(1 - 0,64) = 2,11 \cdot 10^{-7}.$$

Полученное значение индивидуального пожарного риска $2,11 \cdot 10^{-7} \leq 10^{-6}$, т. е. меньше нормативного значения.

5-й случай. При наличии в вузе *приточной системы противодымной вентиляции и системы дымоудаления* ($t_{нэ} = 1,5$ мин; $R_{пдз} = 0,8$) вероятность эвакуации людей $P_э = 0,999$, вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты $P_{пз} = 0,87$, величина индивидуального пожарного риска Q_B согласно методике [7] рассчитывается по формуле (3)

$$Q_B = 1,398 \cdot 10^{-1}(1 - 0) \cdot 0,42 \times \\ \times (1 - 0,999) \cdot (1 - 0,87) = 7,63 \cdot 10^{-7}.$$

Полученное значение индивидуального пожарного риска $7,63 \cdot 10^{-7} \leq 10^{-6}$, т. е. меньше нормативного значения.

Таблица 5

Результаты расчета индивидуального пожарного риска для различных случаев

Наименование противопожарной защиты	Индивидуальный пожарный риск, год ⁻¹	Нормативное значение, год ⁻¹
1. Система оповещения и управления эвакуацией	$2,11 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-6}$
2. Автоматическая система пожаротушения	$9,7 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-6}$
3. Система дымоудаления	$2,74 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-6}$
4. Приточная система противодымной вентиляции и автоматической системы пожаротушения	$2,11 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$
5. Приточная система противодымной вентиляции и система дымоудаления	$7,63 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$
6. Приточная система противодымной вентиляции, система дымоудаления и автоматическая система пожаротушения	$6 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-6}$

6-й случай. При наличии в вузе приточной системы противодымной вентиляции, системы дымоудаления и автоматической системы пожаротушения ($t_{нэ} = 1,5$ мин; $R_{ап} = 0,9$; $R_{пдз} = 0,8$) вероятность эвакуации людей $P_э = 0,999$, вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты $P_{пз} = 0,87$, величина индивидуального пожарного риска $Q_в$ согласно методике [7] рассчитывается по формуле (3)

$$Q_в = 1,398 \cdot 10^{-1} (1 - 0,9) \cdot 0,42 \times (1 - 0,999) (1 - 0,87) = 6 \cdot 10^{-7}.$$

Полученное значение индивидуального пожарного риска $6 \cdot 10^{-7} \leq 10^{-6}$, т. е. меньше нормативного значения.

В табл. 5 приведены результаты расчета индивидуального пожарного риска для всех предложенных мероприятий противопожарной безопасности. Из таблицы видно, что индивидуальный пожарный риск соответствует нормативному значению при наличии приточной системы противодымной вентиляции, системы дымоудаления и автоматической системы пожаротушения.

Выводы

Смоделированная аварийная ситуация в корпусе вуза "N" и анализ сценариев ее развития показали, что при имеющихся отклонениях

соблюдения норм пожарной безопасности существует реальная вероятность возникновения пожара с его различными сценариями развития. Рассчитанные индивидуальный и социальный пожарный риск являются не приемлемыми, следовательно, необходимо обеспечение дополнительных мер по повышению устойчивости функционирования учебного заведения в части пожарной безопасности.

Установлено, что повышение устойчивости функционирования рассматриваемого корпуса вуза "N" достигается при установке приточной системы противодымной вентиляции, системы дымоудаления и автоматической системы пожаротушения.

Список литературы

1. Сойлу Н. В., Каргашилов Д. В. Безопасные условия функционирования учебного заведения в современных условиях // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. — 2018. — Т. 1. — № 9. — С. 834—836.
2. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности". URL: <https://base.garant.ru/12161584/> (дата обращения 10.03.2019).
3. Основные требования, предъявляемые к зданиям и их элементам. URL: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-157-arhitektura/5.htm> (дата обращения 25.02.2019).
4. СП 2.13130.2012 Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096437> (дата обращения 26.02.2019).
5. Красногорская Н. Н., Эйдемиллер Ю. Н., Козбанова Е. А. Оценка риска функционирования объектов с массовым пребыванием людей во внештатной ситуации // Безопасность жизнедеятельности. — 2017. — № 11. — С. 31—41.
6. Вычисление вероятностей головных событий. URL: <https://studfiles.net/preview/3925148/page/4/> (дата обращения 11.03.2019).
7. Приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382 Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902167776> (дата обращения 12.03.2019).
8. Методические рекомендации по анализу и управлению риском воздействия на здоровье населения вредных факторов окружающей среды / А. А. Быков, Л. Г. Солёнова, Г. М. Земляная, В. Д. Фурман. — М.: Издательство "Анкил", 1999. — 70 с.
9. ГОСТ 12.1.004—91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9051953> (дата обращения 13.03.2019).
10. Кадаев М. А., Кривобородов А. С., Мальцев А. С. Актуальность установки СОУЭ на объекте защиты // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. — 2018. — Т. 1. — № 9. — С. 305—307.
11. Мингачев И. Р., Писарев С. А. О автоматических системах пожаротушения // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. — 2018. — Т. 1. — № 9. — С. 602—604.



Y. N. Eidemiller, Associate Professor, e-mail: eidem73@mail.ru, A. M. Platonova, Student, Ufa State Aviation Technical University

The Current State of the Problem of Ensuring Fire Safety of Higher Educational Institutions

Analysis of fire hazard of higher education institution is carried out, scenarios of possible emergency situation are simulated, individual and social risk are determined. Technical solutions aimed at improving fire safety of the operation of the facility with mass stay of people have been selected. It has been established that the increase in the stability of the higher education institution is achieved when installing a supply system of smoke ventilation, smoke removal system and automatic fire extinguishing system.

Keywords: object with a massive stay of people, fire risk, event tree, individual and social risk

References

1. **Soilu N. V., Kargashilov D. V.** Safe conditions for the functioning of an educational institution in modern conditions. *Fire safety: problems and prospects*. 2018. Vol. 1. No. 9. P. 834—836.
2. **Federal Law** of July 22, 2008 N 123-ФЗ "Technical Regulations on Fire Safety Requirements." URL: <https://base.garant.ru/12161584/> (date of access 10.03.2019).
3. **Basic requirements** for buildings and their elements [Electronic resource]. URL: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-157-arhitektura/5.htm> (date of access 25.02.2019).
4. **SP 2.13130.2012** Fire protection systems. Providing fire resistance of protection objects. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200096437> (date of access 26.02.2019).
5. **Krasnogorskaya N. N., Eidemiller Yu. N., Kozbanova E. A.** Risk assessment of the functioning of objects with a massive presence of people in an emergency situation. *Life Safety*. 2017. No. 11. P. 31—41.
6. **Вычисление** вероятностей головных событий. URL: <https://studfiles.net/preview/3925148/page:4/> (date of access 11.03.2019).
7. **The order** of Emercom of Russia of 30.06.2009 the No. 382 Technique of Determination of Rated Sizes of Fire Risk in buildings, constructions and structures of various classes of functional fire hazard. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902167776> (date of access 12.03.2019).
8. **Methodical recommendations** on the analysis and risk management of the impact on the public health of harmful environmental factors. A. A. Bykov, L. G. Solenova, G. M. Zemlyanaya, V. D. Furman. Moscow: Publishing house "Ankil". 1999. 70 p.
9. **GOST 12.1.004—91** Labor Safety Standards System (SSFAS). Fire safety. General requirements. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9051953> (date of access 13.03.2019).
10. **Kadyaev M. A., Krivoborodov A. S., Maltsev A. S.** Relevance of installation of SOUE on the object of protection. *Fire safety: problems and prospects*. 2018. Vol. 1. No. 9. P. 305—307.
11. **Mingachev I. R., Pisarev S. A.** About automatic fire extinguishing systems. *Fire safety: problems and prospects*. 2018. Vol. 1. No. 9. P. 602—604.

Информация

Продолжается подписка на журнал
"Безопасность жизнедеятельности" на первое полугодие 2020 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 504.064

В. А. Алексеев, д-р техн. наук, проф., ученый секретарь Университета, e-mail: alekseevv@istu.ru, **В. П. Усольцев**, канд. техн. наук, вед. инж.-электроник, **С. И. Юран**, д-р техн. наук, проф., **А. И. Нистюк**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

Система безопасности на потенциально химически опасном объекте в закрытом помещении

Рассматривается система безопасности на потенциально химически опасном объекте. Показаны особенности экологического мониторинга потенциально химически опасных объектов в закрытом помещении. Описывается способ расчета координат источника утечки химически опасных веществ по показаниям трех автоматизированных постов контроля зараженного облака, образованного в результате аварии на производстве.

Ключевые слова: безопасность, мониторинг данных, опасный объект, посты контроля, зараженное облако, химически опасные вещества, координаты утечки, расчеты

Введение

Опыт последних десятилетий показывает, что создание техносферы с высокими показателями качества среды и безопасным уровнем жизнедеятельности человека — весьма сложная задача. Положениями, определяющими структуру и состояние техносферы, предусматривается, что системы экобиозащиты на технических объектах должны иметь приоритет ввода в эксплуатацию и средства контроля режимов работы. Из всех технических объектов потенциально химически опасные объекты оказывают наибольшее негативное воздействие на окружающую среду.

Химически опасными являются большинство объектов с химической технологией, т. е. объекты, в технологических процессах которых предусматривается использование тех или иных химических веществ и химических превращений. В последнее время основные усилия в промышленно развитых странах, в том числе и Российской Федерации, направлены на создание и совершенствование систем контроля функционирования особо опасных для человека и природной среды объектов.

Для эффективного решения задачи обеспечения безаварийной работы опасных объектов, безопасности работающего персонала и населения, проживающего в зоне влияния объекта, защиты окружающей среды, попадающей под техногенное влияние предприятий, разрабатываются информационно-управляющие системы безопасности, основанные на данных управления

технологическим процессом и данных производственного экологического мониторинга [1, 2].

На указанные системы возлагаются функции сбора технологических, метео-, предаварийных, аварийных данных с опасных производственных подразделений объекта с целью выполнения требований по защите окружающей среды, персонала предприятия и населения в пределах зон возможного поражения. В таких системах контроля особенно важными являются процедуры просмотра и отображения мониторинговой информации, так как они дают возможность оценить прогресс, эволюцию и тенденции в развитии событий и ситуаций, а в большинстве случаев позволяют принимать важные управленческие решения [3, 4].

Анализируемые данные потенциально химически опасных объектов имеют свои особенности, которые определяются геометрическими характеристиками объекта, видами загрязняющих веществ, характеристиками предполагаемого распространения опасных веществ в случае аварийных ситуаций. Можно выделить объекты, распространенные на открытой площадке (полигоны), объекты, состоящие из нескольких различных сооружений, и объекты в закрытых помещениях. Для каждого вида объектов распространение химически опасных веществ по воздуху будет различным.

Существуют разработки систем мониторинга для потенциально химически опасных объектов и варианты их применения для закрытых помещений. Так, например, система контроля воздушной среды химически опасного объекта установлена



на предприятии "Ижмолоко", имеющем в эксплуатации промышленную холодильную установку, содержащую более 35 т аммиака [5]. Система содержит датчики концентрации (токсичных) сильнодействующих ядовитых веществ (аммиака и хлора), установленные в зонах контроля (цехового и объектового), и средства контроля. Цеховой уровень обеспечивает звуковую сигнализацию превышения двух уровней (для аммиака 20 и 60 мг/м³).

Применяется и автоматизированная система контроля аварийных выбросов (АСКАВ) на химически опасных объектах, в технологическом процессе которых используются аварийно химически опасные вещества, такие как аммиак и хлор. К ним относятся водопроводные станции, предприятия пищевой и химической промышленности. Система непрерывно контролирует концентрацию токсичных газов как в рабочей зоне производственных помещений, так и на промышленной площадке. В случае аварийных утечек газов и превышения уровней ПДК система выдает сигналы на включение звуковой и световой сигнализации, а также аварийной вентиляции и активизации другой аппаратуры управления [6].

В хранилищах с химически опасными веществами также используются аналогичные средства контроля состояния воздуха и системы реагирования на аварийные ситуации в данных помещениях.

Однако указанные системы выдают сигналы тревоги при превышении пороговой концентрации с одного или одновременно с двух датчиков, установленных в одном из контуров контроля аварийных утечек в помещениях и наружных установках, и не предназначены для определения направления и места возникновения аварийной ситуации. С их помощью невозможно определить координаты места утечки химически опасных веществ.

Данная работа посвящена совершенствованию систем безопасности на потенциально химически опасных объектах в закрытых помещениях.

Теоретический анализ (аналитический расчет)

Поставленная задача решена за счет того, что способ экологического мониторинга химически опасных объектов в закрытых помещениях [7] включает определение концентрации химически опасных веществ в зоне объекта закрытого помещения и сравнение полученных результатов с предельно допустимыми концентрациями. При их превышении с учетом объема выброса химически опасных веществ рассчитывают координаты места утечки опасных веществ, а прогнозирование развития аварии или возникновения аварийной ситуации адаптивно определяют в реальном

масштабе времени с помощью постоянных постов контроля, установленных треугольником. Постоянные посты контроля определяют и фиксируют время достижения облака химически опасных веществ, производя вычисление разности времени прихода облака на посты и координат центра возможной утечки химически опасных веществ, исходя из геометрического расположения постов в треугольнике.

На практике целесообразно постоянные посты контроля выполнять в виде автоматических устройств, содержащих датчики химически опасных веществ, подключенные к микропроцессорной системе, включающей в себя GSM-модуль для обмена данными с автоматизированной системой мониторинга экологически опасного объекта.

Предположим, что на контролируемой территории закрытого помещения установлены три постоянных поста контроля П1, П2, П3 относительно источника локальной утечки химически опасных веществ $У$ так, как это изображено на рис. 1. Рассмотрим порядок вычислений, которые будут выполнены автоматизированной системой мониторинга для регистрации опасной ситуации.

Для того чтобы система подтвердила факт утечки химически опасных веществ, параметры зарегистрированных процессов распространения зараженного облака должны быть получены с доверительной вероятностью 0,95. Обозначим W — параметры утечки; X, Y — координаты источника локальной утечки химически опасных веществ; X_{Pi}, Y_{Pi} — координаты " i -го" поста контроля, $i = 1, 2, 3$; w — параметры зарегистрированного ими процесса. Тогда для объективного описания ситуации должно выполняться соотношение:

$$w = f(W, X, Y, X_{Pi}, Y_{Pi}), \quad (1)$$

где f — функция, связывающая параметры регистрируемых процессов с параметрами утечки, координатами утечки и постов контроля.

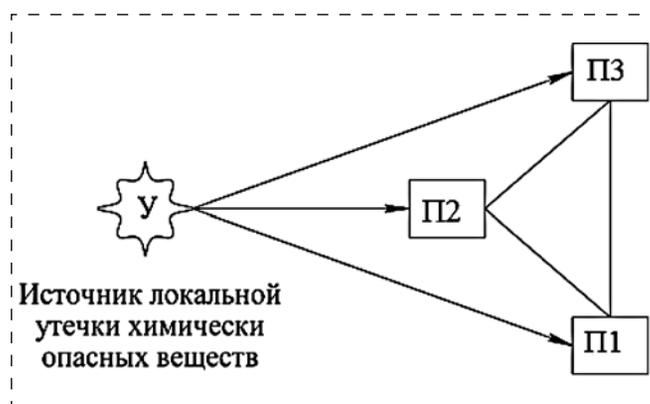


Рис. 1. Схема расположения постоянных постов контроля

Координаты утечки можно определить исходя из времени прихода сигналов на посты. Для этого используется тот факт, что скорость распространения зараженного облака в закрытом помещении из-за отсутствия ветра постоянна.

Для математических расчетов приняты следующие обозначения:

V — скорость распространения зараженного облака в закрытом помещении, которая зависит от геометрических размеров помещения, температуры, влажности и т. д.;

t_1 — время от момента утечки химически опасных веществ до момента регистрации зараженного облака первым постом;

Δt_2 — время между моментом регистрации зараженного облака первым и вторым постами;

Δt_3 — время между моментом регистрации зараженного облака первым и третьим постами;

$S_{УП1}$, $S_{УП2}$, $S_{УП3}$ — расстояние от места утечки химически опасных веществ соответственно до первого поста, до второго поста, до третьего поста;

$S_{П1П2}$ — расстояние от первого поста до второго поста;

$S_{П2П3}$ — расстояние от второго поста до третьего поста;

$S_{П1П3}$ — расстояние от первого поста до третьего поста;

$\angle УП1П2$ — угол, образованный прямыми линиями, соединяющими источник локальной утечки химически опасных веществ, первый пост и второй пост;

$\angle УП2П1$ — угол, образованный прямыми линиями, соединяющими источник локальной утечки химически опасных веществ, второй пост и первый пост;

$\angle П1УП2$ — угол, образованный прямыми линиями, соединяющими первый пост, источник локальной утечки химически опасных веществ и второй пост;

$\angle УП2П3$ — угол, образованный прямыми линиями, соединяющими источник локальной утечки химически опасных веществ, второй пост и третий пост;

$\angle УП3П2$ — угол, образованный прямыми линиями, соединяющими источник локальной утечки химически опасных веществ, третий пост и второй пост;

$\angle П2УП3$ — угол, образованный прямыми линиями, соединяющими второй пост, источник локальной утечки химически опасных веществ и третий пост.

Расстояние от места утечки химически опасных веществ до первого поста определяется следующим выражением:

$$S_{УП1} = Vt_1. \quad (2)$$

Расстояние от места утечки химически опасных веществ до второго поста определяется следующим выражением:

$$S_{УП2} = V(t_1 + \Delta t_2). \quad (3)$$

Расстояние от места утечки химически опасных веществ до третьего поста определяется следующим выражением:

$$S_{УП3} = V(t_1 + \Delta t_3). \quad (4)$$

Расстояние между постами известно. Если потребуется, то при плановом изменении расположения постов это расстояние можно рассчитать по уравнениям (5), (6), (7) по известным координатам.

Расстояние от первого поста до второго поста:

$$S_{П1П2} = \sqrt{(X_{П2} - X_{П1})^2 + (Y_{П2} - Y_{П1})^2}, \quad (5)$$

где $X_{П1}$ — координата X первого поста; $X_{П2}$ — координата X второго поста; $Y_{П1}$ — координата Y первого поста; $Y_{П2}$ — координата Y второго поста.

Расстояние от второго поста до третьего поста:

$$S_{П2П3} = \sqrt{(X_{П3} - X_{П2})^2 + (Y_{П3} - Y_{П2})^2}, \quad (6)$$

где $X_{П3}$ — координата X третьего поста; $Y_{П3}$ — координата Y третьего поста.

Расстояние от первого поста до третьего поста:

$$S_{П1П3} = \sqrt{(X_{П3} - X_{П1})^2 + (Y_{П3} - Y_{П1})^2}, \quad (7)$$

где $X_{П3}$ — координата X третьего поста; $Y_{П3}$ — координата Y третьего поста.

Из треугольника (см. рис. 1), образованного прямыми, соединяющими первый пост (П1), источник локальной утечки химически опасных веществ (У), второй пост (П2), можно рассчитать координаты источника локальной утечки химически опасных веществ, используя формулу Юнга [8]:

$$X = \frac{Y_2 \operatorname{ctg} \angle УП1П2 + X_1 \operatorname{ctg} \angle УП2П1 + (Y_2 - Y_1)}{\operatorname{ctg} \angle УП1П2 + \operatorname{ctg} \angle УП2П1}. \quad (8)$$

$$Y = \frac{Y_2 \operatorname{ctg} \angle УП1П2 + Y_1 \operatorname{ctg} \angle УП2П1 - (X_2 - X_1)}{\operatorname{ctg} \angle УП1П2 + \operatorname{ctg} \angle УП2П1}. \quad (9)$$

Используя теорему косинусов, можно определить углы $\angle УП1П2$, $\angle УП2П1$ и $\angle П1УП2$ через расстояния от места утечки химически опасных



веществ до первого поста $S_{Y\Pi1}$, расстояния от места утечки химически опасных веществ до второго поста $S_{Y\Pi2}$, расстояния от места утечки химически опасных веществ до третьего поста $S_{Y\Pi3}$, расстояния от первого поста до второго поста $S_{\Pi1\Pi2}$, расстояния от второго поста до третьего поста $S_{\Pi2\Pi3}$, расстояния от первого поста до третьего поста $S_{\Pi1\Pi3}$:

$$\angle Y\Pi1\Pi2 = \arccos\left(\frac{S_{Y\Pi1}^2 + S_{\Pi1\Pi2}^2 - S_{Y\Pi2}^2}{2S_{Y\Pi1}S_{\Pi1\Pi2}}\right). \quad (10)$$

$$\angle Y\Pi2\Pi1 = \arccos\left(\frac{S_{Y\Pi2}^2 + S_{\Pi1\Pi2}^2 - S_{Y\Pi1}^2}{2S_{Y\Pi2}S_{\Pi1\Pi2}}\right). \quad (11)$$

$$\angle \Pi1Y\Pi2 = \arccos\left(\frac{S_{Y\Pi1}^2 + S_{Y\Pi2}^2 - S_{\Pi1\Pi2}^2}{2S_{Y\Pi1}S_{Y\Pi2}}\right). \quad (12)$$

Аналогично для треугольника, образованного прямыми, соединяющими второй пост (П2), источник локальной утечки химически опасных веществ (У), третий пост (П3), для углов $\angle Y\Pi2\Pi3$, $\angle Y\Pi3\Pi2$ и $\angle \Pi2Y\Pi3$ получим:

$$\angle Y\Pi2\Pi3 = \arccos\left(\frac{S_{Y\Pi2}^2 + S_{\Pi2\Pi3}^2 - S_{Y\Pi3}^2}{2S_{Y\Pi2}S_{\Pi2\Pi3}}\right). \quad (13)$$

$$\angle Y\Pi3\Pi2 = \arccos\left(\frac{S_{Y\Pi3}^2 + S_{\Pi2\Pi3}^2 - S_{Y\Pi2}^2}{2S_{Y\Pi3}S_{\Pi2\Pi3}}\right). \quad (14)$$

$$\angle \Pi2Y\Pi3 = \arccos\left(\frac{S_{Y\Pi2}^2 + S_{Y\Pi3}^2 - S_{\Pi2\Pi3}^2}{2S_{Y\Pi2}S_{Y\Pi3}}\right). \quad (15)$$

Для описания неизвестных параметров V — скорости распространения зараженного облака и t_i — времени от момента утечки химически опасных веществ до момента регистрации зараженного облака ближним к нему постом через известные параметры использовано выражение для суммы внутренних углов треугольников, на основании которых составлена система уравнений:

$$\begin{cases} \angle Y\Pi1\Pi2 + \angle Y\Pi2\Pi1 + \angle \Pi1Y\Pi2 = \pi. & (16) \\ \angle Y\Pi2\Pi3 + \angle Y\Pi3\Pi2 + \angle \Pi2Y\Pi3 = \pi. & (17) \end{cases}$$

Подставив уравнения (2)—(4) в выражения (10)—(12), и полученные соотношения в уравнение (16) системы уравнений, выразим время от момента утечки химически опасных веществ до момента регистрации зараженного облака ближним к нему постом t_i через скорость распространения зараженного облака V , а подставив уравнения (2)—(4) в выражения (13)—(15),

и полученные соотношения в уравнение (17) системы уравнений, рассчитаем скорость распространения зараженного облака V , зная которую рассчитаем время от момента утечки химически опасных веществ до момента регистрации зараженного облака ближним к нему постом t_i . Рассчитав значения V и t_i по уравнениям (2)—(4), рассчитаем расстояние от места утечки химически опасных веществ до каждого поста контроля. Зная расстояния от места утечки химически опасных веществ до каждого из постов контроля, по выражениям (10)—(15) рассчитаем углы, образованные прямыми линиями, соединяющими источник локальной утечки химически опасных веществ с определенными постами контроля, зная которые по выражениям (8), (9) рассчитаем координаты источника локальной утечки химически опасных веществ.

Значения обратной тригонометрической функции арккосинуса, необходимые для расчета, табулированы, их можно взять из справочника [9]. Для увеличения наглядности и повышения прикладных возможностей использовано разложение обратной тригонометрической функции арккосинуса в ряд Маклорена [10]:

$$\arccos x = \frac{\pi}{2} - \arcsin x = \frac{\pi}{2} - \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n)!}{4^n (n!)^2 (2n+1)} x^{2n+1}. \quad (18)$$

Ограничившись первыми четырьмя членами ряда, что позволяет проводить расчеты с точностью более 95 %, выражение (18) преобразуем к виду:

$$\arccos x = \arccos x = \frac{\pi}{2} - x - \frac{x^3}{6} - \frac{3x^5}{40}. \quad (19)$$

Выражения (2)—(19) позволяют при известных координатах трех постов регистрации и расстояния между ними, времени между моментом регистрации зараженного облака первым, вторым и третьим постами определить координаты источника локальной утечки химически опасных веществ.

Результаты и их обсуждение

Проверку корректности применения предлагаемого способа рассмотрим на следующем примере (рис. 2).

Пусть посты контроля имеют следующие координаты, которые определены из плана на рис. 2: (0; 0) — пост 1 (П1), (7,5; 18,5) — пост 2 (П2), (4,5; 33,5) — пост 3 (П3). Величины $S_{\Pi1\Pi2}$ — расстояние от поста 1 до поста 2 равно 20 ед.; $S_{\Pi1\Pi3}$ — расстояние от поста 1 до поста 3 равно 30,5 ед.;

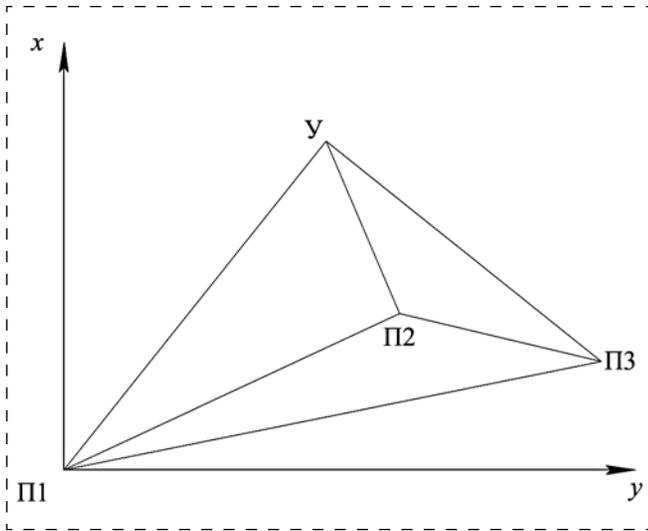


Рис. 2. Пример реализации способа контроля

$S_{П2П3}$ — расстояние от поста 2 до поста 3 равно 15 ед.

Неизвестные параметры V , t , Δt_2 , Δt_3 , $S_{УП1}$, $S_{УП2}$, $S_{УП3}$, $У(X, Y)$ определим расчетным путем и сравним с заданными для примера.

Координаты места утечки неизвестны. Для рассматриваемого примера они определены из плана и приняты (16,5; 11,5); $S_{УП1}$ — расстояние от места утечки химически опасных веществ до первого поста принято 20 ед.; $S_{УП2}$ — расстояние от места утечки химически опасных веществ до второго поста принято 11,5 ед.; $S_{УП3}$ — расстояние от места утечки химически опасных веществ до третьего поста принято 25 ед.

Скорость V распространения зараженного облака в закрытом помещении, которая неизвестна, для рассматриваемого примера принята 10 ед./с.

Время t от момента утечки химически опасных веществ до момента регистрации зараженного облака постом, который зарегистрировал наличие загрязнения первым (в примере это второй пост), — параметр неизвестный, в примере с учетом выражения (2) равно 1,15 с.

Время Δt_1 между моментом регистрации зараженного облака вторым и первым постами в рассматриваемом примере с учетом выражения (3) равно 0,85 с.

Время Δt_3 между моментом регистрации зараженного облака вторым и третьим постами, в примере с учетом выражения (4) равно 1,35 с.

По выражениям (10)—(12) рассчитываем величины углов $\angle УП1П2$, $\angle УП2П1$ и $\angle П1УП2$.

Путем математических преобразований получаем:

$$\angle УП1П2 = \arccos\left(\frac{1,7V^2t + 0,72V^2 + 400}{40V(t + 0,85)}\right). \quad (20)$$

$$\angle УП2П1 = \arccos\left(\frac{400 - 1,7V^2t - 0,72V^2}{40Vt}\right). \quad (21)$$

$$\angle П1УП2 = \arccos\left(\frac{2V^2t^2 + 1,7V^2t + 0,72V^2 - 400}{2V^2t(t + 0,85)}\right). \quad (22)$$

По выражениям (13)—(15) рассчитываем величину углов $\angle УП2П3$, $\angle УП3П2$ и $\angle П2УП3$.

Путем математических преобразований получаем

$$\angle УП2П3 = \arccos\left(\frac{225 - 1,7V^2t - 1,85V^2}{30Vt}\right). \quad (23)$$

$$\angle УП3П2 = \arccos\left(\frac{2,7V^2t + 1,82V^2 + 225}{30V(t + 1,35)}\right). \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \angle П2УП3 = \\ = \arccos\left(\frac{2V^2t^2 + 2,7V^2t + 1,82V^2 - 225}{2V^2t(t + 1,35)}\right). \quad (25) \end{aligned}$$

Для сокращения трудоемкости вычислений (поскольку в выражении (19) $x < 1$) ограничимся двумя членами, при этом погрешность вычислений по указанному выражению не превысит 10 %.

Полученные выражения (20)—(25) с использованием выражения (19) раскладываем в ряд и подставляем в систему уравнений (16), (17). С использованием формулы для вычисления корней квадратного уравнения выражаем t через V , а с использованием формулы для вычисления корней полного кубического уравнения вычисляем V [11]. В рассматриваемом примере скорость распространения зараженного облака в закрытом помещении, которая для примера принята 10 ед./с, по расчетам получена 9,7 ед./с, при этом ошибка составляет 3 %.

Время от момента утечки химически опасных веществ до момента регистрации зараженного облака постом, который зарегистрировал наличие загрязнения первым (в примере это второй пост), в рассматриваемом примере принят 1,15 с, по результатам расчета получено 1,14 с, ошибка составляет 0,009 %.

Расстояние от места утечки химически опасных веществ до первого поста принято равным 20 ед., по результатам расчета получено 19,3, ошибка составляет 3,5 %, расстояние от места утечки химически опасных веществ до второго поста принято равным 11,5 ед. По результатам расчета получено 11,06 ед., ошибка составляет 3,8 %. Расстояние от места утечки химически опасных веществ до третьего поста принято равным 25 ед.,



по результатам расчета получено 24,15 ед., ошибка составляет 3,4 %.

Угол \angle УП1П2, измеренный по плану 31° , по расчету получилось 31° .

Угол \angle УП2П1, измеренный по плану 70° , по расчету получилось 73° .

Угол \angle П1УП2, измеренный по плану 79° , по расчету получилось 75° .

Угол \angle УП2П3, измеренный по плану 140° , по расчету получилось 138° .

Угол \angle УП3П2, измеренный по плану 18° , по расчету получилось 17° .

Угол \angle П2УП3, измеренный по плану 22° , по расчету получилось 22° .

Неизвестные координаты места утечки, измеренные по плану и принятые для рассматриваемого примера (16,5; 11,5), по результатам расчета по выражениям (8) и (9) из треугольника УП1П2 (16,5; 12), из треугольника УП2П3 (16,1; 10,1), средние (16,3; 11,05), ошибка составляет соответственно 1,2 % и 3,9 %.

Результаты примера показывают, что предлагаемый способ даже при приблизительных расчетах дает удовлетворительные по точности результаты, а при использовании вычислительной техники возможно ускорение вычислений и повышение их точности.

Расположение постов в закрытом помещении имеет значение для определения координат источника утечки. Можно рассматривать основные варианты расположения постов:

- в одном из конечных районов помещения;
- в центре помещения.

При этом треугольник, в котором расположены посты, направлен одним из углов к предполагаемым источникам утечек контролируемых выбросов. Предполагается также, что распространение выброса с источника утечки происходит с равномерной скоростью и плотностью выброса по геометрии помещения в направлении постов контроля утечек.

Для проведения правильных расчетов необходимо проводить анализ достоверности сигналов с постов контроля. Достоверными расчеты будут считаться лишь при определенной логической схеме получения сигналов с датчиков постов контроля (рис. 3).

При поступлении сигнала с датчика 2 поста контроля 2 (см. рис. 1 и 2) включается счетчик времени, который подсчитывает промежуток времени, в течение которого должен поступить сигнал на датчики

1 и 3 постов контроля 1 и 3. При поступлении сигнала с поста 1 или 3 в течение определенного времени запаздывания ожидается поступление сигнала с поста контроля 3 или 1.

Условием правильности расчетов считается поступление сигналов с трех постов в определенном диапазоне времен запаздывания, которые априорно рассчитываются. Регистрация утечки происходит по заданным порогам превышения концентрации прогнозируемых выбросов веществ, которые могут быть ниже ПДК.

Установка постов важна в цехах и хранилищах предприятий, в том числе цехах-автоматах, где в соответствии с экологическим паспортом предприятия возможна утечка химически опасных веществ.

Определив координаты утечки, можно проверить выполнение соотношений (1), т. е. определить, сработали ли регистраторы, соответствуют ли данные о временных соотношениях вычисленному положению выброса, соответствуют ли параметры всех зарегистрированных данных параметрам выброса, которые определяются на этом же этапе. На основании выполнения этих соотношений выдается решение о том, что

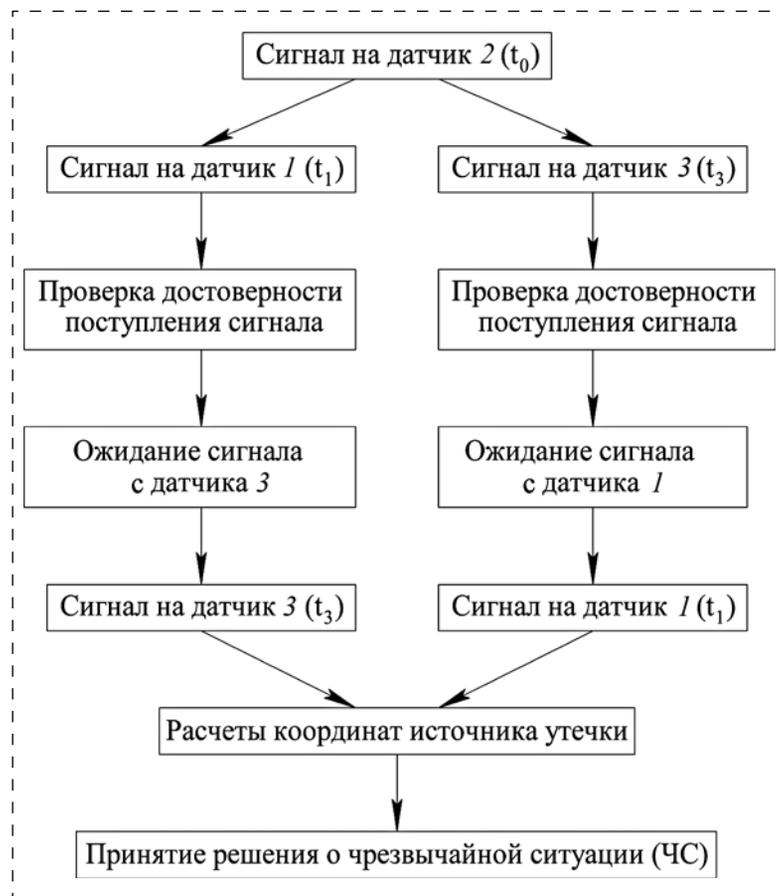


Рис. 3. Алгоритм определения достоверности сигналов с постов контроля

выброс опасных веществ действительно произошёл.

Установка стационарных постов регистрации треугольником достаточна для контроля изменения концентрации при утечке химически опасных веществ. Учитывая, что на объекте утечки маловероятны, стационарные посты будут регистрировать изменение фоновых концентраций химически опасных веществ в воздухе помещений. При этом три поста достаточно точно могут определить и источник локальной утечки, если она существует. При расположении постов треугольником исключено ложное принятие решения об утечке, при котором на один из постов регистрации может поступить выброс какого-либо вещества (помехи), находящегося вблизи поста. При отсутствии информации на других двух постах эта информация может считаться ложной.

Следует отметить, что в работе при проведении расчетов рассматривается случай, когда посты контроля и источник утечки химически опасных веществ расположены в одной плоскости. Реально же источник утечки может располагаться как выше, так и ниже этой заданной плоскости, что приводит к ошибкам в определении координат источника утечки. Однако эти ошибки принципиально не влияют на принятие решений о необходимых действиях при возникновении чрезвычайных ситуаций в закрытом помещении.

Автоматизированные посты могут создаваться на базе лазерных лидаров для обнаружения определенных видов опасных веществ [12].

Заключение

Таким образом, рассмотренная система безопасности позволяет определить координаты источника локальной утечки химически опасных веществ. Реализованная на основе предложенного способа система может повысить эффективность и оперативность определения координат аварии за счет сокращения времени на принятие решения о чрезвычайной ситуации, вызванной утечкой вредных веществ на химически опасном объекте. Данную систему с учетом взаимной функциональной связи аварийных измерительных сигналов между собой целесообразно использовать:

— на химически опасных объектах, к которым относятся объекты хозяйства, производящие, хранящие или использующие химически опасные вещества; к химически опасным объектам относятся предприятия химической, нефтеперерабатывающей промышленности, предприятия пищевой, мясомолочной промышленности, хладокомбинаты, продовольственные базы, имеющие холодильные установки, в которых в качестве хладагента используется аммиак, водоочистные и

другие сооружения, использующие хлор, склады с запасом сильнодействующих химических веществ — в случаях возможных чрезвычайных ситуаций, связанных с выбросом химически опасных веществ в результате террористической деятельности в зонах влияния химически опасных объектов;

— в случаях, когда зараженное облако может образоваться в результате реакции взаимодействия с другими химически опасными объектами, расположенными в непосредственной близости от рассматриваемого объекта.

Кроме того, во всех перечисленных ситуациях данный способ позволяет осуществлять качественный мониторинг в условиях сложной геометрии помещения, температуры, влажности, атмосферного давления и т. д.

Следует сказать, что предложенный в работе подход к созданию систем мониторинга использовался при разработке и внедрении систем мониторинга на объектах уничтожения химического оружия (ОУХО) (объект 1281) в г. Камбарке (2003 год) и на объекте 1283 в п.г.т. Кизнере (2008 год) Удмуртской Республики [1].

Список литературы

1. **Капашин В. П., Толстых А. В., Мандыч В. Г.** Комплексная оценка уровня безопасности при уничтожении химического оружия. — Саратов: СВРХБЗ, 2006. — 84 с.
2. **Тарасевич А. Е.** Организация системы мониторинга и предупреждения чрезвычайных ситуаций на промышленном предприятии // Промышленная экологическая безопасность. — 2008. — № 2 (16). — С. 18—21.
3. **Телегина М. В., Янников И. М., Габричидзе Т. Г.** Методы и алгоритмы оценки воздействия потенциально опасных объектов на окружающую среду. — Самара: Изд-во Самар. НЦ РАН, 2011. — 200 с.
4. **Программный комплекс по расчету последствий аварий и расчету пожарного риска ТОКСИ+.** URL: <http://safety.ru/toxi> (дата обращения 09.11.2011).
5. **Заболотских В. И., Вахрушев В. И., Хохряков А. В.** Система автоматического контроля, прогноза и оповещения о газовой опасности на химически опасном объекте // Приборы и системы управления. — 1999. — № 3. — С. 13—15.
6. **Чижигов В. И.** Автоматизированный контроль выбросов на химически опасных объектах // Системы безопасности: материалы XVIII научно-технической конференции — СБ-2009. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. — С. 46—48.
7. **Способ экологического мониторинга химически опасных объектов в закрытых помещениях / В. А. Алексеев, А. М. Зайцев, Т. Г. Лебедева, В. П. Усольцев, С. И. Юран.** Патент РФ 2649242. Заявка: 2016128039, 11.07.2016. Оpubл.: 13.03.2018. Бюл. № 10.
8. **Маслов А. В., Юнусов А. Г., Горохов Г. И.** Геодезические работы при землеустройстве. — М.: Недра, 1990. — 215 с.
9. **Бронштейн И. Н., Семендяев К. А.** Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов: учеб. пособие. — СПб.: Лань, 2009. — 608 с.
10. **Прудников А. П., Брычков Ю. А., Маричев О. И.** Интегралы и ряды. Элементарные функции. — М.: Наука, 1981. — 800 с.
11. **Цыпкин А. Г., Цыпкин Г. Г.** Математические формулы. Алгебра. Геометрия. Математический анализ: Справочник. — М.: Наука, 1985. — 112 с.
12. **Агишев Р. Р.** Лидарный мониторинг атмосферы. — М.: Физматлит, 2009. — 316 с.



V. A. Alekseev, Professor, Scientific Secretary of University, e-mail: alekseevv@istu.ru,
V. P. Usoltsev, Leading Electronics Engineer, S. I. Yuran, Professor,
A. I. Nistyuk, Professor, Head of Chair, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

System of Safety on Potentially Chemically Dangerous Object Indoors

The system of safety on potentially chemically dangerous object is considered. Features of environmental monitoring of potentially chemically dangerous objects are shown indoors. The way of calculation of coordinates of a source of leak of toxic agents for indications of three automated posts of control of the infected cloud formed as a result of accident on production is described.

The developed decision allows to determine coordinates of a source of local leak of chemically dangerous substances. This decision taking into account mutual functional communication of emergency measuring signals among themselves, it is expedient to use on chemically dangerous objects. The objects of economy making, storing or using emergency and dangerous chemicals concern them. Results of work can also be used in cases when the infected cloud can be formed as a result of reaction of interaction with other chemically dangerous objects located in close proximity to the considered object. Besides, in all listed situations this way allows to carry out high quality monitoring in the conditions of difficult geometry of the room, temperature, humidity, atmospheric pressure, etc.

Keywords: safety, monitoring of data, a dangerous object, control posts, the infected cloud, toxic agents, leak coordinates, calculations

References

1. **Kapashin V. P., Tolstyh A. V., Mandych V. G.** Complex assessment of level of safety at destruction of chemical weapon. Saratov: SVIRHBZ, 2006. 84 p.
2. **Tarasevich A. E.** The organization of system of monitoring and prevention of emergency situations at the industrial enterprise. *Promyshlennaya ehkologicheskaya bezopasnost'*. 2008. No. 2(16). P. 18–21.
3. **Telegina M. V., Yannikov I. M., Gabrichidze T. G.** Methods and algorithms of assessment of impact of potentially dangerous objects on the environment. Samara: Izd-vo Samar. NC RAN, 2011. 200 p.
4. **Program** complex by calculation of consequences of accidents and calculation of fire risk of TOKSI. URL: <http://safety.ru/toxi> (date of access 09.11.2011).
5. **Zabolotskih V. I., Vahrushev V. I., Hohryakov A. V.** The system of automatic control, the forecast and notification about gas danger on chemically dangerous object. *Pribory i sistemy upravleniya*. 1999. No. 3. P. 13–15.
6. **Chizhikov V. I.** The automated control of emissions on chemically dangerous objects. *Sistemy bezopasnosti: materialy vosemnadcatoy nauchno-tehnicheskoy konferencii — SB-2009*. Moscow: Academy of the PFS MES of Russia, 2009. P. 46–48.
7. **Method** of environmental monitoring of chemically dangerous objects in the enclosed space. V. A. Alekseev, A. M. Zajcev, T. G. Lebedeva, V. P. Usoltsev, S. I. Yuran. Patent RU 2649242. Application: 2016128039, 11.07.2016. Date of publication: 13.03.2018. Bull. No. 10.
8. **Maslov A. V., Yunusov A. G., Gorohov G. I.** Geodetic works at land management. Moscow: Nedra, 1990. 215 p.
9. **Bronstein I. N., Semendyaev K. A.** Handbook of mathematics for engineers and students of vtuz: studies. benefit. Saint-Petersburg: Lan', 2009. 608 p.
10. **Prudnikov A. P., Brychkov Yu. A., Marichev O. I.** Integrals and ranks. Elementary functions. Moscow: Nauka, 1981. 800 p.
11. **Cypkin A. G., Cypkin G. G.** Mathematical formulas. Algebra. Geometry. Mathematical analysis. Handbook. Moscow: Nauka, 1985. 112 p.
12. **Agishev R. R.** Lidar monitoring of the atmosphere. Moscow: Fizmatlit, 2009. 316 p.

УДК 502.3/7, 579.6, 581.6

М. Ю. Шарипова, д-р биол. наук, доц., **Е. Ю. Егупова**, магистр, e-mail: egupowaelena@yandex.ru, **И. Е. Дубовик**, д-р биол. наук, проф., Башкирский государственный университет, Уфа, **Л. Б. Высоцкая**, д-р биол. наук, вед. науч. сотр.; Уфимский институт биологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН, Уфа, **Ш. Р. Абдуллин**, д-р биол. наук, вед. науч. сотр., Федеральный научный центр биоразнообразия ДВО РАН, Владивосток

Биопрепараты на основе штаммов цианобактерий *Nostoc Punctiforme* и *Roholtiella* sp.

*Приведен краткий обзор свойств цианобактерий, позволяющих рассматривать их в качестве основы биопрепаратов для применения в сельскохозяйственной промышленности, в частности продуцирование фитогормонов и гормоноподобных веществ. Выявлено, что многие виды способны к образованию ауксинов, цитокининов, гибберелинов, жасмоновой кислоты, а также флавоноидной и терпеноидной группы веществ. Приведены положительные результаты использования цианобактериальных препаратов при выращивании сельскохозяйственных культур во всем мире. Исследование образования индолилуксусной кислоты (ИУК) и цитокининов (ЦК) и ростстимулирующей активности штаммов *Nostoc punctiforme* (Kütz.) Hariot и *Roholtiella* sp. Bohunicka, Pietrasiak et Johansen выявило различное содержание фитогормонов в культуральной среде штаммов, а также положительное влияние предпосевной инокуляции семян на длину стебля и проростка томатов. Рассматривается возможность их применения для повышения урожайности сельскохозяйственных культур как альтернатива минеральным и органическим удобрениям, использование которых может приводить к загрязнению почвы и нарушению стабильности агроэкосистем.*

Ключевые слова: цианобактерии, штаммы, *Nostoc punctiforme*, *Roholtiella*, биопрепараты, фитогормоны, сельское хозяйство

В связи с ростом народонаселения планеты и возрастающей нехваткой продуктов питания основным и наиболее перспективным направлением развития сельского хозяйства в настоящее время является его интенсификация. Однако увеличение урожайности культур зачастую сопровождается отрицательным влиянием интенсификации на окружающую среду, поэтому одним из необходимых условий данного процесса является экологическое благополучие.

Одним из решений проблемы загрязнения окружающей среды производством и потреблением минеральных удобрений является отказ от применения синтетических веществ в пользу биологических препаратов на основе микроорганизмов. Это объясняется в первую очередь тем, что микроорганизмы являются естественным компонентом экосистем, поэтому, в силу закона биологической буферности не могут накапливаться в ней в избытке и нарушать экологическое равновесие [1].

Обеспечение продовольственной безопасности является одной из главных задач страны и регионов. В Республике Башкортостан складывается тенденция к избытку в рационе людей сахара, хлеба и хлебобулочных изделий и нехватки овощей, фруктов и животных белков. Сейчас при

положительных тенденциях в функционировании и развитии сельского хозяйства имеются такие недостатки, как организационно-экономические (несовершенная система налогообложения, недостаточные государственные субсидирование и дотации, снижение обеспеченности техникой) и социальные (низкая заработная плата сельхозработников). Также имеется необходимость в поддержании качества земельных ресурсов и улучшении их продуктивности, в том числе урожайности овощных культур [2]. При решении этой задачи альтернативой минеральным и органическим удобрениям могут стать биопрепараты.

Преимущества выбора цианобактерий в качестве основы или участника консорциума при создании биопрепарата можно объяснить следующими свойствами, присущими данной группе микроорганизмов: 1) способность к азотфиксации; 2) оксигенный фотосинтез; 3) обогащение и структурирование почвы (влияние на доступность фосфора и других элементов, удержание влаги); 4) широкое распространение; 5) высокий адаптационный потенциал.

Также возможность получения положительного результата от применения биопрепаратов на основе цианобактерий опосредована образованием и выделением ими различных метаболитов



Биологически активные вещества цианобактерий

БАВ	Цианобактерии	Источник
Ауксины	<i>Anacystis nidulans</i> , <i>Phormidium foveolarum</i> , <i>Nostoc muscorum</i> , <i>Anabaena cylindrica</i> , <i>Tolypothrix tenuis</i>	[6]
	<i>Oscillatoria</i> sp., <i>Chlorogloea</i> sp.	[7]
	<i>Anabaena</i> sp., <i>Anabaenopsis</i> sp., <i>Calothrix</i> sp., <i>Chlorogloeopsis</i> sp., <i>Cylindrospermum</i> sp., <i>Glactothecae</i> sp., <i>Plactonema</i> sp., <i>Synechocystis</i> sp.	[8]
Цитокинины	<i>Anabaena</i> sp., <i>Chlorogloeopsis</i> sp., <i>Calothrix</i> sp.	[8]
Гиббереллины	<i>Anabaenopsis</i> sp., <i>Cylindromum</i> sp.	[8]
Флавоноидные и терпеноидные группы веществ	<i>Anabaena</i> sp., цианобактериальное сообщество с преобладанием цианобактерий рода <i>Nostoc</i>	[9]
Жасмоновая кислота	<i>Arthrospira</i> sp.	[7]

в почву. Например, цианобактерии продуцируют витамины А, В, С, D, Е [3]. Обнаружено, что некоторые виды цианобактерий способны продуцировать фитогормоны, гормоноподобные и некоторые другие вещества, улучшающие рост и развитие, урожайность и устойчивость к абиотическим и биотическим стрессам высшего растения, а также участвующие в процессах биосинтеза пигментов и липидов в клетках самих цианобактерий. В работах [4, 5] представлены таксоны цианобактерий и водорослей, у которых были выявлены биологически активные вещества (БАВ): ауксины, цитокинины, гиббереллины, жасмоновая кислота и др. (табл. 1).

Ауксины участвуют в контроле клеточного цикла, стимулируют образование боковых и придаточных корней, обуславливают взаимодействие отдельных органов, дифференцируют клетки, положительно влияют на биосинтетические процессы. Вещества ауксиновой природы по сравнению с другими фитогормонами и подобными им веществами встречаются у представителей отдела *Cyanobacteria* наиболее часто. На их состав и соотношение влияют таксономическая принадлежность цианобактерий, фаза роста, условия культивирования, рН среды. Преобладающими являются индолилуксусная и индолил-3-масляная кислоты. Выявлено, что активными продуцентами ауксинов являются цианобактерии родов *Desmonostoc*, *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Calothrix*, *Anacystis* и др. Экстракты этих микроорганизмов в зависимости от концентрации в них фитогормонов могут проявлять как стимулирующее, так и ингибирующее действие на рост и развитие высших растений (кукуруза, овес, картофель, горох).

У цианобактерий родов *Arthronema*, *Calothrix*, *Kamptonema*, *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Chroococcidiopsis* и *Synechocystis* были обнаружены такие изопреноидные цитокинины (вещества,

регулирующие деление и линейный рост клетки, морфогенез побега и корня, созревание хлоропластов, образование добавочных почек и старение растения и т. д.), как зеатин, зеатинрибозид, изопентениладенин и некоторые другие, на содержание и состав которых оказывали влияние световой режим и наличие энергетического источника (глюкозы) в среде культивирования. Гиббереллины (вещества, контролирующие прорастание семян, рост стебля в длину, цветение и развитие органов цветка, расширение поверхности листа и т. д.), являются наименее изученными и выявленными у цианобактерий. Активность этой группы веществ обнаружена у представителей цианобактерий родов *Leptolyngbya*, *Anabaenopsis* и *Cylindrospermum*.

Выяснено также, что фитогормоны цианобактерий по своим биологическим функциям схожи с таковыми в тканях высших растений. Следует отметить, что некоторые виды цианобактерий помимо обитания в ризосфере и ризоплане растения способны к эндофитному существованию в клубеньках бобовых культур, кроме того, обнаружен ризогенный эффект их присутствия, а именно увеличение количества клубеньков. При предпосевной инокуляции семян гороха и сои цианобактериальными консорциумами (*Nostoc* + *Rhizobium* Frank, *Flavobacterium* Berg. et al., *Pseudomonas* Migula, *Agrobacterium* Conn) отмечено увеличение образования клубеньков гороха на 50 % по сравнению с инокуляцией только бактериями, а также увеличение урожайности [10], накопление фотосинтетических пигментов в листьях и повышение содержания протеина в семенах сои [11].

Также выявлен положительный эффект использования цианобактерий при выращивании овощных культур, хлопчатника, персиков и др. [12, 13]. Эффект заключался в активной колонизации ризопланы растений, увеличении

энергии прорастания и ростовых параметров на различных стадиях роста по сравнению с необработанными контрольными растениями, увеличении урожайности на 20...40 % в зависимости от вида культуры, улучшение физико-химических свойств почвы (увеличение содержания азота в почве, изменение кислотности). Сравнительный анализ влияния цианобактерий, цианобактериальных консорциумов, минеральных и органических удобрений (например, эписинолида) показал преимущество применения цианобактерий в неблагоприятных для растений условиях, например, при засухе. При этом инокуляция культур цианобактериальными препаратами может сопровождаться благоприятным биозащитным эффектом, например, ингибированием развития фитопатогенных грибов (*Fusarium*, *Bipolaris*) [8, 10].

В большей степени изучена ростстимулирующая активность цианобактерий на рисовых полях. Так, Китай, Вьетнам, Индия уже используют цианобактерии при выращивании риса [8]. Выявлено улучшение прорастания и урожайности этой культуры, увеличение на полях содержания N, P, K при внесении цианобактерий *Anabaena fertilissima* C. B.Rao, *A. anomala* F. E.Frit., *A. variabilis* (Kütz.) Kom. et Anagn и *Nostoc muscorum* Agardh ex Born. et Flah., *N. calcicola* Breb. ex Born. et Flah., *N. punctiforme* (Kütz.) Hariot, а также их ассоциаций с микроводорослями и азотобактериями [14].

Материалы и методы исследований

При использовании цианобактерий в биотехнологии целесообразно получение аксеничных культур. В связи с этим была проведена очистка культур штаммов цианобактерий вида *Nostoc punctiforme* Св31ж, Пк20ж, Чх55, 943 и *Roholtiella* sp. Пр23 от сопутствующей микробиоты с помощью выявленных ранее опытным путем наиболее эффективных комбинаций препаратов (антибиотик ципролет в концентрациях 30 и 40 мкг/мл и фунгициды флуконазол и амфотерицин-В в концентрациях 200, 300 и 400 мкг/мл).

В исследовании ростстимулирующей активности цианобактерий были использованы семена томата сорта "Бони ММ", штаммы Пр23, Пк20ж, Св31ж и смесь штаммов Пк20ж и Св31ж. Контрольные и инокулированные семена томата прорастивали в стерильных чашках Петри в количестве 10 шт. на чашку по стандартной методике [15]. Инокуляцию суспензией цианобактерий (3...4 г сырой биомассы на 10 мл стерилизованной водопроводной воды) осуществляли в течение 8 ч, контрольные образцы замачивались в стерилизованной водопроводной воде. Эксперимент

проводили в трехкратной повторности, опытные образцы находились в условиях комнатной температуры и естественного освещения и увлажнялись по необходимости. Для получения результатов определяли такие показатели, как энергия прорастания, всхожесть, длина стебля и корня. В соответствии с ГОСТ 12038—84 [15] энергию прорастания семян томата определяли на 5-е сутки культивирования, всхожесть — на 10-е сутки, длину стебля и корня — также на 10-е сутки. Полученные данные обрабатывали с помощью программ Statistica 10.0 и Microsoft Excel 2007. Значимость результатов определялась с помощью непараметрического критерия Манна—Уитни.

Штаммы цианобактерий Св31ж, Пк20ж, Чх55, 943 (*Nostoc punctiforme*) и Пр23 (*Roholtiella* sp.) были проверены на предмет образования и выделения в культуральную среду индолилуксусной кислоты (ИУК) и цитокининов. Содержащуюся в культуральной жидкости ИУК экстрагировали серным эфиром по схеме с уменьшением объема и метилировали диазометаном [16]. Цитокинины концентрировали на колонке (картридже С-18) (Bond-Elut, RP-C18), элюировали этанолом и разделяли с помощью ТСХ. Иммуноферментный анализ [17] проводили в лунках полистиролового планшета. Для определения количества сыворотки, прореагировавшей с сорбированными в лунках белковыми конъюгатами гормонов, использовали препарат вторых антикродичьих бычьих антител, меченых пероксидазой. Количество иммуносорбированных антител определяли по ферментативной активности сорбированной пероксидазы с помощью цветной реакции субстрата. Оптическую плотность измеряли на фотометре "Униплан" при длине волны 492 нм.

Результаты и обсуждение

Применение комбинации препаратов для получения аксеничных культур штаммов цианобактерий привело к тому, что во всех вариантах опыта с комбинированными препаратами в той или иной степени развивались микромицеты и подавлялось развитие бактерий и цианобактерий (табл. 2). Возможно, это связано как с выбором неэффективных в данном случае препаратов, так и с неполным предварительным механическим разрушением внешних оболочек цианобактерий, к которым могут быть плотно прикреплены клетки бактерий и микромицетов. Также имеются сведения, что развитие цианобактерий в аксеничных культурах происходит медленнее и приводит к морфологическим и физиологическим изменениям [18], в связи с чем целесообразнее рассматривать применение данных организмов



Таблица 2

Устойчивость микроорганизмов к антибиотикам и фунгицидам

Сопутствующая микрофлора		Антибиотики и фунгициды							
		Флуконазол + ципролет, мкг/мл				Амфотерицин-В + ципролет, мкг/мл			
		200 + 35	200 + 40	300 + 35	300 + 40	200 + 35	200 + 40	300 + 35	200 + 40
Св31ж	ЦБ	+	+	+	+	+	+	+	+
	М	+	+	+	+	+	+	+	+
	Б	-	-	-	-	-	-	-	-
Чх55	ЦБ	+	+	+	-	++	-	++	-
	М	-	+	+	+	+	+	+	+
	Б	+	-	-	-	+	-	-	-
943	ЦБ	+	+	+	+	+	+	+	+
	М	+	+	+	+	+	+	+	+
	Б	+	-	+	-	+	-	+	-
Пк20ж	ЦБ	+	+	+	+	++	+	++	+
	М	-	+	-	+	+	+	+	+
	Б	+	-	+	-	+	+	+	+
Пр23	ЦБ	+	-	+	-	-	-	-	-
	М	+	+	+	+	+	+	+	+
	Б	+	-	+	-	+	-	+	-

Примечание: ЦБ — цианобактерии: ++ — рост активный, образование гормониев; + — рост сдержанный; — — гибель организма; М и Б — микромицеты и бактерии: ++ — более 10 КОЕ в чашке Петри; + — менее 10 КОЕ в чашке Петри; — — микроорганизм отсутствует.

в виде естественных ассоциаций и биопленок или искусственно созданных консорциумов.

Инокуляция семян томатов суспензией цианобактерий привела к следующим результатам. Энергия прорастания семян, инокулированных штаммами Пр23 и Пк20ж, имела значения ниже контрольного на 6,7 и 9,4 % соответственно, в остальных вариантах значимых различий не выявлено (рис. 1 — см. 3-ю стр. обложки).

Стимуляции всхожести семян выявлено не было, значение параметра в образце с Св31ж оказалось равным контрольному, остальные образцы имели значения ниже контрольного на 3,3 % (Пк20ж + Св31ж), 10 % (Пр23) и 12,6 % (Пк20ж). При этом был выявлен положительный эффект при инокуляции семян суспензией цианобактерий при измерении таких параметров, как длина корня и стебля проростков томатов (рис. 2 — см. 3-ю стр. обложки).

Не было выявлено статистически значимого влияния на длину корня и стебля проростка томата при инокуляции штаммом Св31ж, а также на длину корня при инокуляции смесью штаммов Пк20ж и Св31ж ($p > 0,05$). В остальных вариантах наблюдалось увеличение длины корня на 27 % (Пк20ж), 50 % (Пр23) и 67 % (Пк20ж + Св31ж) и длины стебля на 9 % (Пк20ж + Св31ж), 17 %

(Пк20ж) и 24 % (Пр23) относительно контрольных значений ($p < 0,05$).

Таким образом, исследование показало положительное влияние инокуляции семян в культуральной среде цианобактерий на длину корня и стебля проростка томата и нейтральное и угнетающее — на энергию прорастания и всхожесть. Наиболее подходящим штаммом для более детальных экспериментов по влиянию данных микроорганизмов на более поздние стадии развития растения, а также полевых экспериментов по увеличению урожайности культуры является штамм *Roholtiella* sp. Пр23.

В результате количественного определения фитогормонов в культуральной среде цианобактерий были получены результаты, приведенные

Таблица 3

**Содержание фитогормонов
в культуральной жидкости некоторых штаммов
цианобактерий *Nostoc punctiforme* и *Roholtiella* sp.**

Фитогормоны	Пк20ж	Чх55	Св31ж	943	Пр23
Индолилуксусная кислота, нг/мл	63,2	49,6	135,3	96,5	155,2
Цитокинины (Z+ZR+ZN), нг/мл	9,5	17,8	6,0	16,6	19,9

Примечание: Z — зеатин; ZR — зеатин-рибозид, ZN — зеатин-нуклеотид

в табл. 3. Все исследованные штаммы выделяли ауксины и цитокинины. Однако значения фитогормонов у разных штаммов различались.

В целом содержание фитогормонов в культуральной среде исследованных штаммов цианобактерий оказалось невысоким. Например, в культуральных жидкостях мутантов *Trichormus variabilis* были обнаружены ауксины в количествах до 0,7 мкг/мл [19], а в культуральных жидкостях некоторых ризосферных бактерий, например *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus mucilaginosus*, индолилуксусная кислота обнаруживается в количествах 9...15,5 мкг/мл, а цитокинины — 41...66 нг/мл [20].

В проведенных исследованиях количество индолилуксусной кислоты значительно превышает количество цитокининов: в 2,8 раза у штамма Чх55, в 5,8 раза у штамма 943, в 6,6 раза у штамма Пк20ж, в 7,8 раза у штамма Пр23 и в 22,5 раза у штамма Св31ж. Наибольшим содержанием цитокининов и индолилуксусной кислоты характеризуется штамм Пр23, что объясняет наибольшее среди прочих положительное влияние на ростовые параметры проростков томата при инокуляции семян суспензией этого штамма. Еще одним штаммом по количеству определенных фитогормонов является штамм 943. В связи с этим для штаммов Пр23 и 943 возможен подбор условий культивирования, при которых содержание индолилуксусной кислоты и цитокининов в культуральной жидкости достигнет максимально возможных значений.

Таким образом, цианобактерии, являющиеся распространенными микроорганизмами и важнейшими составляющими всевозможных экосистем, обладают целым рядом полезных для биотехнологического применения свойств, таких как способность к азотфиксации, кислородный фотосинтез, обогащение и структурирование почвы, высокий адаптационный потенциал, а также продуцирование и выделение фитогормонов и гормоноподобных веществ, позволяют рассматривать эти микроорганизмы в качестве основы биопрепаратов для применения в сельскохозяйственной промышленности для повышения урожайности возделываемых культур и продовольственной безопасности.

Список литературы

1. **Биоудобрения** комплексного действия на основе консорциума микроорганизмов и наноструктурных агроминералов для получения экологически безопасной продукции растениеводства / Т. Ю. Мотина, И. А. Дегтярева, А. Я. Давлетшина, И. А. Яппаров, Ш. А. Алиев, Э. В. Бабынин // Вестник КТУ. — 2017. — № 20 (12). — С. 120—126.
2. **Обеспечение** продовольственной безопасности Республики Башкортостан / А. Кузнецова, Л. Мамбетова, Г. Валиева, Э. Кадыров // Международный сельскохозяйственный журнал. — 2014. — № 6. — С. 49—53.
3. **Штина Э. А., Голлербах М. М.** Экология почвенных водорослей. — М.: Наука, 1976. — 143 с.

4. **Романенко Е. А., Косаковская И. В., Романенко П. А.** Фитогормоны микроводорослей: биологическая роль и участие в регуляции физиологических процессов. Ч. I. Ауксины, абсцизовая кислота, этилен // Альгология. — 2015. — Т. 25. — № 3. — С. 330—351.
5. **Романенко Е. А., Косаковская И. В., Романенко П. А.** Фитогормоны микроводорослей: биологическая роль и участие в регуляции физиологических процессов. Ч. II. Цитокинины и гиббереллины // Альгология. — 2016. — Т. 26. — № 2. — С. 203—229.
6. **Ahmad M. R., Winter A.** Studies on the hormonal relationships of algae in pure culture. I. The effect of indole-3-acetic acid on the growth of blue-green and green algae // Planta. 1968. Vol. 78. P. 277—286.
7. **Тараховская Е. Р., Маслов Ю. И., Шишова М. Ф.** Фитогормоны водорослей // Физиология растений. — 2007. — Т. 54. — № 2. — С. 186—194.
8. **Cyanobacteria: A Precious Bio-resource in Agriculture, Ecosystem, and Environmental Sustainability / J. Sh. Singh, A. Kumar, A. N. Rai, D. P. Singh // Front. in Microb. — 2016. — Vol. 7. — P. 1—19.**
9. **Фомина М. Д., Батаева Ю. В.** Изучение биологически активных соединений почвенных цианобактерий методами ТСХ и ВЭТСХ // Перспективные направления физ.-хим. биологии и биотехнологии. XXVIII Зимняя молодёжная научная школа. — Москва, 2016. — С. 102—103.
10. **Трефилова Л. В.** Использование цианобактерий в агробиотехнологии: автореф. дис.... канд. биол. наук: 03.00.07, 03.00.23. — Саратов, 2008. — 16 с.
11. **Сытник Д. М., Воробей Н. А., Пацко Е. В.** Реакция сои на инокуляцию альго-ризобияльными консорциумами // Биотехнология. — 2010. — Т. 3. — № 6. — С. 42—48.
12. **Зыкова Ю. Н., Леонова К. А., Трефилова Л. В.** Эффективность инокуляции семян овощных растений цианобактериальным композитом // Материалы VI Межд. науч. конф. "Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых". — Краснообск, 2017. — С. 165—170.
13. **Оценка** некоторых фенологических показателей рода *Gossypium hirsutum (malvaceae)* при воздействии биостимуляторов разной природы / Ю. В. Батаева, Д. К. Магзанова, О. В. Астафьева, М. Д. Фомина // Вестник АГАУ. — 2015. — № 1. — С. 70—76.
14. **Mohan A., Kumar B.** Growth Performance and Yield Potential of Cereal Crops (Wheat, Maize and Barley) in Association with Cyanobacteria // Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. — 2017. — Vol. 6 (10). P. 744—758.
15. **ГОСТ 12038—84** Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. — М.: Стандартинформ, 2011.
16. **Modified solvent partitioning scheme** providing increased specificity and rapidity of immunoassay for indole 3-acetic acid / S. Yu. Veselov, G. R. Kudoyarova, N. L. Egutkin, V. Z. Gyuli-Zade, A. R. Mustafina, E. M. Kof // Plant Physiology. — 1992. — Vol. 86. — P. 93—96.
17. **Содержание** и локализация цитокининов в листьях исходных и трансгенных растений табака / С. Ю. Веселов, Р. С. Вальке, Х. Ван Онкелен, Г. Р. Кудоярова // Физиология растений. — 1999. — Т. 46. — С. 326—335.
18. **Морфолого-физиологические** изменения цианобактерии в экспериментальных цианобактериально-актиномицетных ассоциациях / Д. Г. Звягинцев, Г. М. Зенова, Е. С. Лобакова, Г. М. Николаев, Е. О. Омарова, Е. А. Иванова, И. Б. Савельев // Микробиология. — 2010. — № 3. — С. 329—336.
19. **Изучение** механизмов регуляции биосинтеза ароматических аминокислот и ауксиноподобных соединений у цианобактерий / Е. Л. Барский, Н. И. Романова, И. О. Селях, Л. Р. Семенова // Информационный бюллетень РФФИ. — 1996. — Т. 4. — № 4. — С. 75—77.
20. **Соколова М. Г., Акимова Г. П., Вайшла О. Б.** Влияние на растения фитогормонов, синтезируемых ризосферными бактериями // Прикладная биохимия и микробиология. — 2011. — Т. 47. — № 3. — С. 302—307.



M. J. Sharipova, Associate Professor, **E. Yu. Egupova**, Master, e-mail: egupowaelena@yandex.ru, **I. E. Dubovik**, Professor, Bashkir State University, Ufa, **L. B. Vysotskaya**, Leading Researcher, Ufa Institute of biology, Ufa Federal Research Centre of Russian Academy of Sciences, **S. R. Abdullin**, Leading Researcher, Federal Scientific Center of Biodiversity of Far-Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok

Biological Products Based on the Strains of Cyanobacteria of *Nostoc Punctiforme* and *Roholtiella* sp.

A brief review of the properties of cyanobacteria is given, which make it possible to consider them as the basis of biological products for use in the agricultural industry, in particular the production of phytohormones and hormone-like substances. It has been revealed that many species are capable of forming auxins, cytokinins, gibberellins, jasmonic acid, as well as the flavonoid and terpenoid group of substances. The positive results of using cyanobacterial drugs for growing crops throughout the world are given. Investigation of the formation of indole acetic acid and cytokinins and the growth-stimulating activity of *Nostoc punctiforme* (Kütz.) Hariot and *Roholtiella* sp. Bohunicka, Pietrasiak et Johansen revealed different phytohormone levels in the culture medium of the strains, as well as the positive effect of presowing seed inoculation on the length of the stem and tomato seedling. The possibility of using them to increase the yield of agricultural crops is considered as an alternative to mineral and organic fertilizers, the use of which can lead to soil pollution and disturbance of the stability of agro-ecosystems.

Keywords: cyanobacteria, strains, *Nostoc punctiforme*, *Roholtiella*, biological products, phytohormones, agriculture, tomatoes, growth stimulation

References

1. **Bioudobreniya** kompleksnogo dejstviya na osnove konsorciuma mikroorganizmov i nanostrukturnyh agromineralov dlya polucheniya ekologicheski bezopasnoj produkcii rastenievodstva / T. Yu. Motina, I. A. Degtyareva, A. Ya. Davletshina, I. A. Yapparov, Sh. A. Aliev, E. V. Babynin. *Vestnik KTU*. 2017. No. 20 (12). P. 120–126.
2. **Obespechenie** prodovol'stvennoj bezopasnosti Respubliki Bashkortostan / A. Kuznecova, L. Mambetova, G. Valieva, E. Kadyrov. *Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal*. 2014. No. 6. P. 49–53.
3. **Shtina E. A., Gollerbah M. M.** Ekologiya pochvennyh vodoroslej. Moscow: Nauka, 1976. 143 p.
4. **Romanenko E. A., Kosakovskaya I. V., Romanenko P. A.** Fitogormony mikro-vodoroslej: biologicheskaya rol' i uchastie v regulyacii fiziologicheskikh processov. Ch. I. Auksiny, absizovaya kislota, etilen // *Al'gologiya*. 2015. Vol. 25. No. 3. P. 330–351.
5. **Romanenko E. A., Kosakovskaya I. V., Romanenko P. A.** Fitogormony mikro-vodoroslej: biologicheskaya rol' i uchastie v regulyacii fiziologicheskikh processov. Ch. II. Citokininy i gibberelliny. *Al'gologiya*. 2016. Vol. 26. No. 2. P. 203–229.
6. **Ahmad M. R., Winter A.** Studies on the hormonal relationships of algae in pure culture. I. The effect of indole-3-acetic acid on the growth of blue-green and green algae. *Planta*. 1968. Vol. 78. P. 277–286.
7. **Tarahovskaya E. R., Maslov Yu. I., Shishova M. F.** Fitogormony vodoroslej. *Fiziologiya rastenij*. XXV. Vol. 54. No. 2. P. 186–194.
8. **Cyanobacteria: A Precious Bio-resource in Agriculture, Ecosystem and Environmental Sustainability.** J. Sh. Singh, A. Kumar, A. N. Rai, D. P. Singh. *Front. in Microb.* 2016. Vol. 7. P. 1–19.
9. **Fomina M. D., Bataeva Yu. V.** Izuchenie biologicheski aktivnyh soedinenij pochvennyh cianobakterij metodami TSKH i VETSKH. *Perspektivnye napravleniya fiziko-himicheskoy biologii i biotekhnologii. XXVIII zimnyaya molodezhnaya nauchnaya shkola*. Moscow, 2016. P. 102–103.
10. **Trefilova L. V.** Ispolzovanie cianobakterij v agrobiotekhnologii: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk.: 03.00.07, 03.00.23. Saratov, 2008. 16 p.
11. **Sytnikov D. M., Vorobej N. A., Packo E. V.** Reakciya soi na inokulyaciyu al'go-rizobial'nymi konsorciumami. *Biotehnologiya*. 2010. Vol. 3. No. 6. P. 42–48.
12. **Zykova Yu. N., Leonova K. A., Trefilova L. V.** Effektivnost' inokulyacii semyan ovoshchnykh rastenij cianobakterial'nym kompozitom. *Materialy VI Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii "Novejschie napravleniya razvitiya agrarnoj nauki v rabotah molodyh uchenykh"*. Krasnoobsk, 2017. P. 165–170.
13. **Ocenka** nekotorykh fenologicheskikh pokazatelej roda *Gossypium hirsutum* (malvaceae) pri vozdejstvii biostimulyatorov raznoj prirody. Yu. V. Bataeva, D. K. Magzanova, O. V. Astaf'eva, M. D. Fomina. *Vestnik AGAU*. 2015. No. 1. P. 70–76.
14. **Mohan A., Kumar B.** Growth Performance and Yield Potential of Cereal Crops (Wheat, Maize and Barley) in Association with Cyanobacteria. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2017. Vol. 6 (10). P. 744–758.
15. **GOST 12038–84** Semena sel'skohozyajstvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti. Moscow: Standartinform, 2011.
16. **Modified solvent** partitioning scheme providing increased specificity and rapidity of immunoassay for indole 3-acetic acid. S. Yu. Veselov, G. R. Kudoyarova, N. L. Egutkin, V. Z. Gyuli-Zade, A. R. Mustafina, E. M. Kof. *Plant Physiology*. 1992. Vol. 86. P. 93–96.
17. **Soderzhanie** i lokalizaciya citokininov v list'yah iskhodnykh i transgennykh rastenij tabaka. S. Yu. Veselov, R. S. Val'ke, H. Van Onkelen, G. R. Kudoyarova. *Fiziologiya rastenij*. 1999. Vol. 46. P. 326–335.
18. **Morfologo-fiziologicheskie** izmeneniya cianobakterii v eksperimental'nykh cianobakterial'no-aktinomycetnykh asociacijah. D. G. Zvyagincev, G. M. Zenova, E. S. Lobakova, G. M. Nikolaev, E. O. Omarova, E. A. Ivanova, I. B. Savel'ev. *Mikrobiologiya*. 2010. No. 3. P. 329–336.
19. **Izuchenie** mekhanizmov regulyacii biosinteza aromaticeskikh aminokislot i auksinopodobnykh soedinenij u cianobakterij. E. L. Barskij, N. I. Romanova, I. O. Selyah, L. R. Semenova. *Informacionnyj byulleten' RFFI*. 1996. Vol. 4. No. 4. P. 75–77.
20. **Sokolova M. G., Akimova G. P., Vajshlya O. B.** Vliyanie na rasteniya fitogormonov, sinteziruemykh rizosfernymi bakteriyami. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*. 2011. Vol. 47. No. 3. P. 302–307.

УДК628.16

И. В. Кусова, канд. техн. наук, доц., e-mail: ivaleri@list.ru, **М. В. Горлачева**, студент, Уфимский государственный авиационный технический университет

Снижение негативного воздействия нефтехимического предприятия на гидросферу

В целях снижения негативного воздействия очистных сооружений нефтехимического предприятия на водные объекты проанализирована существующая технология очистки сточных вод нефтехимического предприятия и выявлены приоритетные загрязняющие вещества, присутствующие в составе сбрасываемых недостаточно очищенных стоков. Проведен анализ наилучших доступных технологий, патентная проработка и анализ существующих методов и технологического оборудования для очистки сточных вод от приоритетных загрязняющих веществ, обоснована необходимость замены аппаратов для очистки стоков нефтехимического предприятия и предложена усовершенствованная технология очистки сточных вод нефтехимического предприятия с использованием биологического фильтра с загрузкой из блоков полипропилена.

Ключевые слова: сточные воды нефтехимического предприятия, загрязняющие вещества, взвешенные вещества, нефтепродукты, фенол, технология очистки стоков, флотатор, биофильтр

Нефтехимическая промышленность является одним из объектов экономики, оказывающая негативное воздействие на гидросферу, что напрямую связано с физически и морально устаревшим оборудованием, отсутствием современных технологий производства, неэффективной работой очистных сооружений.

Основными причинами неэффективной работы очистных сооружений являются: несоответствие технологии очистки составу сточных вод; отсутствие или недостаточность локальной очистки; неудовлетворительная эксплуатация очистных сооружений; физический износ оборудования; применение устаревших технологий очистки сточных вод [1].

Поступление в водные объекты вредных веществ приводит к ухудшению качества поверхностных вод, ограничивая их использование, а также негативно влияет на состояние дна и береговых водных объектов.

В настоящее время для снижения негативного воздействия нефтехимической промышленности на окружающую среду, повышения конкурентоспособности отечественной продукции, роста инвестиционной привлекательности бизнеса становится актуальным переход на наилучшие доступные технологии (НДТ).

Для применения на практике принципов НДТ в области очистки сточных вод нефтехимических предприятий создан информационно-технический справочник (ИТС) "Производство твердых и других неорганических химических веществ" [2].

Справочник составлен с учетом экологических воздействий и экономических затрат при производстве нефтехимической продукции. В данном документе приведен перечень природоохранного оборудования, рекомендуемого к использованию на нефтехимических предприятиях для очистки сточных вод. Внедрение данного оборудования будет способствовать не только снижению уровня негативного воздействия нефтехимического предприятия на окружающую среду, но и решению технологической задачи модернизации производства и сохранению биоразнообразия.

На основании изложенного выше анализ загрязнения гидросферы на нефтехимическом предприятии является актуальной проблемой. В связи с этим целью данного исследования является усовершенствование технологии очистки сточных вод нефтехимического предприятия.

Нефтехимическая промышленность относится к водоёмким отраслям. Предприятия используют воду на производственные цели, хозяйственно-питьевые нужды и пожаротушение. Основными потребителями воды во время технологических процессов являются цеха по производству синтетического этилового спирта, фенола, ацетона, полиэтилена, полипропилена. Вода используется как растворитель, реагент, а также ее вводят в виде пара в аппараты.

Анализ деятельности очистных сооружений нефтехимического предприятия показал, что со сточными водами в поверхностные водные объекты сбрасываются недостаточно очищенные стоки,

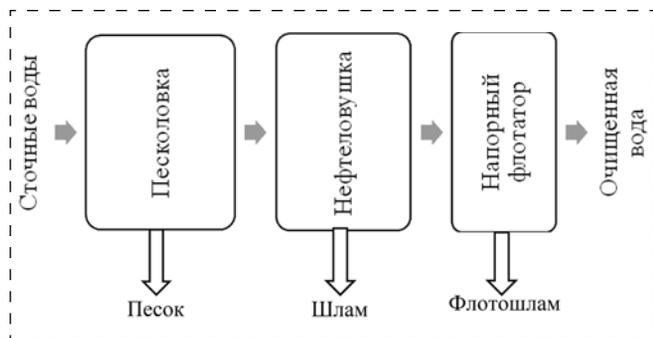


Рис. 1. Схема существующей технологии очистки стоков нефтехимического предприятия

содержащие такие загрязняющие вещества, как нефтепродукты, взвешенные вещества, фенолы и ряд других соединений. В настоящее время имеющиеся очистные сооружения не имеют технологической возможности обеспечить высокую степень очистки стоков до установленных нормативов. Следовательно, необходима модернизация существующих очистных сооружений.

Применяющаяся в настоящее время технология очистки стоков представлена на рис. 1. Вода, прошедшая этапы очистки, сбрасывается в реку.

Недостаточная степень очистки сточных вод нефтехимического предприятия связана с отсутствием:

- возможности оперативно изменять технологический режим очистки, исходя из состава поступающих сточных вод;
- оборудования для обработки осадков, сточных вод;
- в технологической схеме биологической очистки и доочистки стоков с обеззараживанием.

Следует отметить, что на нефтехимическом предприятии целесообразно использовать систему оборотного водоснабжения, учитывая ресурсосберегающий и экологический аспекты. Такая система позволит многократно использовать воду при поверхностном охлаждении в холодильниках, для охлаждения компрессорных агрегатов и на другие технологические нужды. Качество оборотной воды (табл. 1) должно соответствовать требованиям п. 2.5.2 "Ведомственных указаний по технологическому проектированию производственного водоснабжения, канализации и очистки сточных вод предприятий нефтеперерабатывающей промышленности" [3].

Система производственного водоснабжения нефтехимического предприятия должна быть оборотной с максимально возможным повторным циклом использования воды. Вода из природного

Таблица 1

Концентрация загрязняющих веществ в оборотной воде (рН=7...8,5) [3]

Показатели	Единицы измерения	Концентрация загрязняющих веществ в воде, не более
Нефтепродукты	мг/л	25
Взвешенные вещества	мг/л	25
Сульфаты	мг/л	500
Хлориды	мг/л	300
Общее солесодержание	мг/л	2000
Карбонатная жесткость	мг-экв/л	5
Некарбонатная жесткость	мг-экв/л	15
БПК _{полн}	мгО ₂ /л	25

источника может подаваться только для восполнения потерь при очистке.

На основе проведенного анализа наилучших доступных технологий, патентной проработки и современной литературы в области очистки сточных вод нефтехимических предприятий предложена усовершенствованная технология очистки сточных вод нефтехимического предприятия (рис. 2) [4–8]. Данная технология предусматривает дополнительное включение горизонтального отстойника для очистки сточных вод от взвешенных веществ, обладающих широким диапазоном дисперсности от 0,1 до 10 мм.

На этапе физико-химической очистки предлагается использовать напорный флотатор, поскольку в данном аппарате широкий диапазон пропускной способности, невысокая стоимость установки при высоких результатах очистки, сравнимых с дорогими многоступенчатыми установками. В качестве коагулянта применяется оксихлорид алюминия [9], использование которого имеет ряд преимуществ по сравнению с другими реагентами, а именно: способен работать при низких температурах, не токсичен, имеет более длительный период хранения, не изменяет рН воды, имеет меньшую стоимость по сравнению с другими реагентами.

Для доочистки стоков от органических загрязнителей предлагается включить в технологию биологическую очистку. В качестве аппарата биологической очистки выбран биофильтр. Учитывая суточный расход сточных вод нефтехимического предприятия, рекомендуется использовать высоконагружаемый биофильтр, пропускная способность которого составляет до 50 000 м³/сут.

Следует отметить, что биологические фильтры с плоской загрузкой обладают значительно более высокой окислительной способностью,

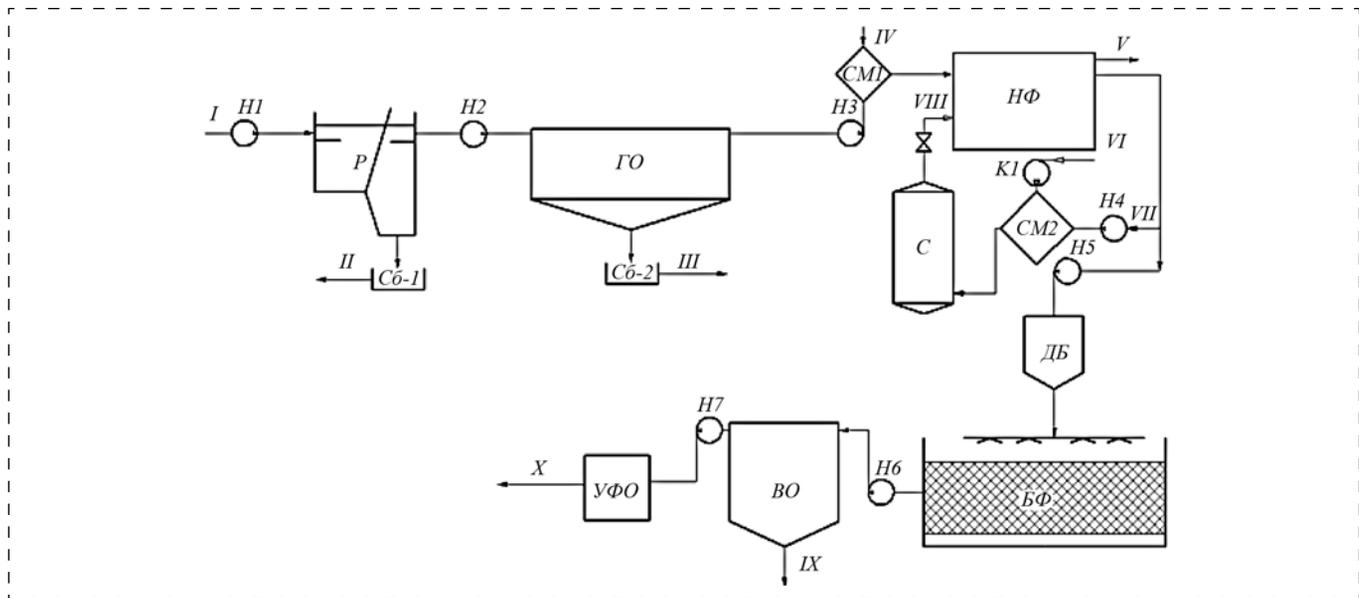


Рис. 2. Усовершенствованная принципиальная технологическая схема очистки сточных вод нефтехимического предприятия: *P* — решетка; *ГО* — горизонтальный отстойник; *НФ* — напорный флотатор; *С* — сатуратор; *СМ1*, *СМ2* — смесители; *ДБ* — дозирующий бак; *БФ* — биофильтр; *ВО* — вторичный отстойник; *УФО* — установка *УФ* — обеззараживания; *Н1–Н7* — центробежные насосы; *К1* — компрессор; *I* — сточная вода; *II* — крупные примеси и мусор; *III* — шлам; *IV* — коагулянт; *V* — флотошлам; *VI* — воздух; *VII* — рециркуляционная вода; *VIII* — насыщенная воздухом вода; *IX* — частицы отмершей биологической пленки; *X* — очищенная вода

чем фильтры с объемной загрузкой. В качестве загрузочного материала предлагается использовать блоки из полипропилена, производимые на нефтехимическом предприятии. Далее размещается вторичный отстойник [8] и установка *УФ* — обеззараживания.

Поток сточных вод *I* подается с помощью центробежного насоса (*Н1*) на решетку *P*. Происходит улавливание крупных примесей и мусора, направляющихся в сборник *Сб-1*. Крупные примеси *II* выводятся из сборника *Сб-1*.

Далее, центробежным насосом *Н2* сточная вода переходит на следующий этап механической очистки в горизонтальный отстойник *ГО*. В данном аппарате происходит очистка от грубодисперсных примесей и взвешенных веществ. Образовавшийся шлам *III* удаляется из сборника *Сб-2*.

После горизонтального отстойника сточная вода центробежным насосом *Н3* подается в смеситель *СМ1*, куда вводится коагулянт — оксихлорид алюминия *IV* [9]. Добавление коагулянта способствует укрупнению частиц загрязнений, их слипанию и образованию хлопьев. Получившиеся хлопья подвергаются напорной флотации с рециркуляцией потока. Рециркуляция в напорном флотаторе заключается в том, что часть воды *VII* (50 % от общего потока очищаемой воды [1]), очищенная во флотаторе, центробежным насосом *Н4* подается

в смеситель *СМ2*, куда с помощью компрессора *К1* вводится сжатый воздух *VI*. Затем сточная вода с воздухом поступает в сатуратор *С*, где происходит насыщение воды воздухом и отделение нерастворившегося воздуха. Насыщаемая воздухом вода *VIII* из сатуратора подается во флотационную камеру *НФ*, где выделившиеся пузырьки воздуха всплывают вместе с частицами взвешенных веществ. Всплывающая масса *V* непрерывно удаляется механизмами для сгребания пены.

Далее сточная вода поступает в дозирующий бак *ДБ* для равномерного распределения сточной воды по биофильтру *БФ*. Сточная вода проходит через установленные в биофильтре блоки из полипропилена (фильтрующая нагрузка, производимая на нефтехимическом предприятии), на которых находится биопленка. Биопленка — колонии микроорганизмов, которые, питаясь веществами органического происхождения, получают энергию для своей жизнедеятельности. Часть органических веществ микроорганизмы используют как материал для увеличения своей численности.

Очищенная вода с помощью центробежного насоса *Н6* поступает во вторичный отстойник *ВО* для осаждения взвешенных веществ, представляющих собой частицы отмершей биологической пленки.



Таблица 2

Сравнительная характеристика концентрации загрязняющих веществ в стоках нефтехимического производства после очистки на существующих и проектируемых очистных сооружениях

Вещество	Концентрация вещества, мг/дм ³		ПДК _{рх} , мг/дм ³
	после очистки на существующих очистных сооружениях	после очистки на проектируемых очистных сооружениях	
Взвешенные вещества	17,3	< 0,15	Не более 0,25 от фона
Нефтепродукты	7,9	< 0,05	0,05
Фенол	1,3	< 0,001	0,001
ХПК*	130	< 20	30,0
БПК*	64	1,5	3,0

* Показатель

Следующий этап заключается в обеззараживании сточной воды с помощью УФ-излучения (УФО). Для УФ обеззараживания воды применяются волны довольно узкого диапазона УФ-излучения — от 250 до 270 нм. В этих рамках бактерицидное воздействия ультрафиолета приобретает свое максимальное значение. После установки УФО очищенная вода X возвращается в цикл для повторного использования.

В табл. 2 приведена сравнительная характеристика концентрации загрязняющих веществ в стоках нефтехимического производства после очистки на существующих и проектируемых очистных сооружениях. Из представленных в таблице данных видно, что после усовершенствования технологии очистки сточных вод содержание приоритетных загрязняющих веществ, таких как взвешенные вещества, нефтепродукты, фенол, показатели ХПК, БПК достигают установленных нормативами требований [2, 10].

Расчетом материального баланса усовершенствованной технологии очистки сточных вод нефтехимического предприятия установлено, что в результате очистки сточных вод более 6 млн т/год очищенных стоков можно использовать для оборотного водоснабжения.

Применение усовершенствованной технологии очистки сточных вод нефтехимического предприятия позволит достичь качества воды, соответствующего предъявляемым требованиям, для сброса в водоем рыбохозяйственного назначения. Кроме того, современные технологии и оборудование для очистки сточных вод позволяют предусмотреть оборотное водоснабжение и повторно использовать очищенную воду в технологических процессах нефтехимического предприятия, что в свою очередь, будет способствовать сокращению потребления воды из водисточников и снижению расходов на водопотребление.

Список литературы

1. **Воронов Ю. В., Яковлев С. В.** Водоотведение и очистка сточных вод / Учебник для вузов. — М.: Издательство Ассоциации строительных вузов. 2006. — 704 с.
2. **ИТС 19—2016** "Производство твердых и других неорганических химических веществ": Информационно-технический справочник. URL: http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=807&etkstructure_id=1872 (дата обращения 27.10.2018).
3. **Ведомственные указания** по технологическому проектированию производственного водоснабжения, канализации и очистки сточных вод предприятий нефтеперерабатывающей промышленности. М.: Министерство топлива и энергетики РФ, 1997. — 72 с.
4. **Патент № 2320548** Способ и устройство для очистки промышленных технологических и сточных вод от нефтепродуктов и взвешенных веществ. URL: № 176139 http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=1&docId=d271ad0f417d3fb266d49430857dde73 (дата обращения 27.10.2018).
5. **Патент № 2349553** Флотатор. URL: № 176139 http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=1&docId=d271ad0f417d3fb266d49430857dde73 (дата обращения 27.10.2018).
6. Патент № 168967 Устройство для очистки сточных вод. URL: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=1&docId=d271ad0f417d3fb266d49430857dde73 (дата обращения 27.10.2018).
7. **Комарова Л. Ф., Полетаева М. А.** Использование воды на предприятиях и очистка сточных вод в различных отраслях промышленности: Учебное пособие. — Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. — 174 с.
8. **СанПиН 2.1.5.980—00** Гигиенические требования к охране поверхностных вод. Санитарные правила и нормы. Водоотведение населенных мест, санитарная охрана водных объектов (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.06.2000) (с изм. от 04.02.2011, с изм. от 25.09.2014).
9. **Беркутов А. Н., Вильсон Е. В.** Современный взгляд на выбор типа коагулянта для очистки воды // Евразийский Научный Журнал. — 2017. — № 1. — С. 142—143.
10. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения.



I. V. Kusova, Associate Professor, e-mail: ivaleri@list.ru, M. V. Gorlacheva, Student, Ufa State Aviation Technical University

Reducing the Negative Impact of a Petrochemical Plant on the Hydrosphere

In order to reduce the negative impact of petrochemical plant wastewater treatment plants on water bodies, the existing wastewater treatment technology of the petrochemical plant is analyzed and priority pollutants present in the discharged insufficiently treated effluents are identified. The analysis of the best available technologies, patent study and analysis of existing methods and technological equipment for wastewater treatment from priority pollutants, the necessity of exchange of devices for wastewater treatment of petrochemical enterprises and the advanced technology of wastewater treatment of petrochemical enterprises using a biological filter with loading from polypropylene blocks.

Keywords: wastewater of a petrochemical plant, pollutants, suspended solids, oil, phenol, technology of wastewater treatment, protein skimmer, biofilter

References

1. **Voronov Y. V., Yakovlev S. V.** Water Disposal and sewage treatment / Textbook for universities. Moscow: Publishing House Association building universities. 2006. 704 p.
2. **ITS 19 — 2016** Manufacture of solid and other inorganic chemicals: Information technical handbook. URL: http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=807&etkstructure_id=1872 (date of access 27.10.2018).
3. **Departmental instructions** on technological design of industrial water supply, Sewerage and wastewater treatment of oil refining industry. M.: Ministry of fuel and energy of the Russian Federation, 1997. 72 p.
4. **Patent № 2320548.** Method and device for purification of industrial process and wastewater from petroleum products and suspended solids. URL: No. 176139 http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=1&docId=d271ad0f417d3fb266d49430857dde73 (date of access 27.10.2018).
5. **Patent № 2349553.** Flotator. URL: No. 176139 http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=1&docId=d271ad0f417d3fb266d49430857dde73 (date of access 27.10.2018).
6. **Patent № 168967.** Device for wastewater treatment. URL: http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#docNumber=1&docId=d271ad0f417d3fb266d49430857dde73 (date of access 27.10.2018).
7. **Komarova L. F., Poletaeva M. A.** The use of water in enterprises and wastewater treatment in various industries: textbook. Barnaul: publishing house of Altai State Technical University. 2010. 174 p.
8. **SanPiN 2.1.5.980—00.** Hygienic requirements for surface water protection. Sanitary rules and regulations. Water disposal of settlements, sanitary protection of water bodies. (app. Chief state sleigh doctor of the Russian Federation 22.06.2000) (with change from 04.02.2011, with change from 25.09.2014)
9. **Berkutov A. N., Vilson E. V.** A modern look at the choice of the type of coagulant for water purification. *Eurasian Scientific Journal*. 2017. No. 1. P. 142—143.
10. **Order** of the Ministry of agriculture of the Russian Federation of 13.12.2016 № 552 "About the approval of standards of water quality of water objects of fishery value, including standards of maximum permissible concentrations of harmful substances in waters of water objects of fishery value".

Securexpo

Выставка технических средств охраны и оборудования
для обеспечения безопасности и противопожарной защиты

26—29 февраля 2020 • Краснодар, ВКК "Экспоград Юг"

Разделы выставки

- Оборудование и аксессуары для систем видеонаблюдения
- Оборудование для систем контроля и управления доступом
- Оборудование и средства для обеспечения противопожарной защиты
- Оборудование для систем сигнализации и оповещения

<https://www.securexpo.ru>



УДК 614.763: 576.89

А. В. Андреева, д-р биол. наук, проф., **О. Н. Николаева**, канд. биол. наук, доц., **И. Р. Муллаярова**, канд. вет. наук, доц., Башкирский государственный аграрный университет, Уфа, **А. В. Купцов**, канд. техн. наук, зам. директора департамента, e-mail: ecolog-inhp@mail.ru, **А. Б. Магид**, канд. техн. наук, зам. директора, Институт нефтехимпереработки, Уфа, **М. А. Магид**, магистрант, Уфимский государственный авиационный технический университет

Обеззараживание отходов животноводства воздействием электромагнитного излучения

В процессе работы проводились исследования по влиянию электромагнитного излучения на выживаемость яиц гельминтов и ооцист простейших после обработки жидких отходов животноводства (навоза) влажностью 95...97 % во вращающемся электромагнитном поле в аппаратах с вихревым слоем АВС-150 с экспозицией 1 и 2 мин. Установлено, что после обработки данных отходов в вихревом слое ферромагнитных частиц аппарата АВС-150 с экспозицией 1 мин экстенсивность инвазии составила 85 % при интенсивности инвазии $1,85 \pm 0,02$ экземпляров яиц. Личинки нематод методом гельминтоляроскопии выделены не были. После обработки отходов в вихревом слое ферромагнитными частицами аппарата АВС-150 с экспозицией 2 мин экстенсивность инвазии составила 70 % при интенсивности инвазии $1,1 \pm 0,012$ экземпляров яиц. Личинки нематод методом гельминтоляроскопии выделены не были.

Ключевые слова: гельминтозы, ооцисты, электромагнитное излучение, гельминтоляроскопия

Введение. Эпизоотическая ситуация по гельминтопротозоозам в Республике Башкортостан меняется незначительно, но в течение ряда лет по данным ветеринарной отчетности отмечается стойкая тенденция ее медленного ухудшения.

Проведенными исследованиями установлено, что зараженные кишечными нематодами и паразитическими простейшими животные выделяют большое количество инвазионных элементов, которые контаминируют объекты внешней среды и стоки свинокомплексов, а при неэффективной работе очистных сооружений и окружающую среду. При этом попавшие в почву яйца, цисты и ооцисты кишечных паразитов сохраняют свою жизнеспособность и инвазионные свойства в течение нескольких лет и служат источником заражения для животных и людей. При сбрасывании стоков комплексов на окружающую их территорию происходит диссеминация инвазионного начала на значительные расстояния от мест сброса. А в случае использования необеззараженных стоков животноводческих предприятий для полива пастбищ или сельскохозяйственных угодий имеет место распространение и передача инвазионных элементов паразитов через растительные культуры животным и человеку [1, 2].

Основным нормативным документом, регламентирующим получение экологически безопасных органических удобрений, обеспечивающих охрану окружающей среды от загрязнений возбудителями инфекционных и инвазионных болезней, являются "Ветеринарно-санитарные

правила подготовки к использованию в качестве органических удобрений навоза, помета и стоков при инфекционных и инвазионных болезнях животных и птицы" от 4.08.1997 г. № 13-7-2/1027 [3].

В соответствии с действующими рекомендациями к проектированию технологии содержания животных и эксплуатации систем удаления, обработки, обеззараживания бесподстильного навоза в скотоводческих и свиноводческих хозяйствах промышленного типа могут быть рекомендованы стационарные установки в первую очередь для обеззараживания всей массы получаемого бесподстильного навоза на крупных животноводческих комплексах и передвижные установки для обеззараживания навоза на мелких фермах при возникновении на них вспышек острых инфекционных болезней. При наиболее распространенном на фермах гидросмыве навоза происходит значительное разбавление его водой и превращение в малоконцентрированные навозные стоки, объем которых в пять и более раз превышает количество исходного навоза и, соответственно, затраты на его обработку [4].

В связи с этим необходимо создание установок, позволяющих проводить обеззараживание жидкого навоза в необходимых количествах. Есть основание полагать, что наиболее перспективным направлением является обработка жидкого навоза магнитным полем, которая дает высокий технико-экономический эффект, так как отпадает необходимость в реагентном хозяйстве, сокращается объем осадка и облегчается эксплуатация

очистных сооружений. Причина положительных эффектов объясняется изменением структуры воды и взвеси под действием магнитного поля.

Добавление ферромагнитных частиц, примесей или использование реагентов, обладающих ферромагнитными свойствами, значительно улучшает результаты обработки жидкого навоза в магнитном поле. Ферромагнитные частицы по своей природе отличаются от примесей, находящихся в жидком навозе свиноводческих предприятий. Воздействие магнитного поля на них вызывает дополнительные изменения в водных системах, связанных в первую очередь с созданием однородного поля внутри электромагнитного устройства. Если ферромагнитные частицы поместить в реакционную камеру, размещенную в устройстве, создающем в рабочей зоне этой камеры вращающееся электромагнитное поле, то частицы приходят в сложное движение, создавая вихревой слой [5, 6].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что санитарно-ветеринарная оценка обеззараживающего действия при различных экспозициях воздействия электромагнитного излучения при обеззараживании навоза от яиц и личинок гельминтов, цист и ооцист простейших является актуальной.

Целью научного исследования явилось определение выживаемости яиц гельминтов и ооцист при различных экспозициях воздействия электромагнитного излучения. Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

— определить зараженность крупного рогатого скота гельминтами и простейшими;

— изучить воздействие электромагнитного излучения на выживаемость яиц гельминтов и ооцист простейших при экспозиции 1 и 2 мин.

Материалы и методы исследований. Научно-исследовательская работа проводилась на базе кафедры инфекционных болезней, зооигиены и ветсанэкспертизы Башкирского государственного аграрного университета, а также в условиях агрофирмы "Николаевское" (Уфимский район РБ) и Института нефтехимпереработки (Уфа).

На первом этапе исследований необходимо было определить зараженность крупного рогатого скота яйцами гельминтов и ооцистами простейших. Для этого крупный рогатый скот для исследований был подобран по принципу аналогов и находился в одинаковых условиях кормления и содержания. Пробы навоза от 99 голов крупного рогатого скота черно-пестрой породы были отобраны в утренние часы до кормления в стерильные стаканчики массой 40...50 г. Для обнаружения яиц гельминтов и ооцист простейших применяли два метода: последовательных промываний и флотации.

Метод последовательных промываний. Для исследования брали 2...5 г навоза. Их смешивали в фарфоровой ступке при помощи пестика

с 10-кратным количеством воды и фильтровали через металлическое сито (ячейки диаметром не более 0,19 мм) или марлю в один слой. Пробы отстаивали в среднем 10 мин. После отстаивания верхний слой жидкости осторожно сливали до появления сплошной грязной полоски, а к осадку добавляли свежую порцию воды и снова давали отстояться 6...8 мин. Процедуру повторяли до тех пор, пока верхний слой жидкости не станет светлее. Жидкость сливали, а осадок (около 5 мл) исследовали под микроскопом.

Метод флотации (по Фюллеборну). Для использования этого метода нужен насыщенный раствор поваренной соли, который готовят путем кипячения соли в воде до тех пор, пока соль не перестанет растворяться. Раствор процеживают через марлю и используют после охлаждения до комнатной температуры. Берут 5...8 г (можно и больше) навоза, помещают в фарфоровую ступку и заливают небольшим количеством раствора соли. Затем после тщательного растирания навоза в смесь добавляют 150...200 мл (можно 100...140 мл) раствора и процеживают через сито в сухой и чистый стакан (баночки Флоринского), размешивая стеклянной палочкой. Взвесь отстаивают 10...15 мин., затем с поверхности жидкости с помощью петельки снимают пленку, переносят ее на предметное стекло для микроскопирования.

Для обнаружения личинок гельминтов используют **метод гельминтоляровоскопии (метод Бермана и Орлова)**. Для этого пробы навоза (10...20 г) помещали на сетку или марлю, не туго натянутую на верхний край воронки, которая прикрепляется к штативу. На конец воронки надевали резиновую трубку с пробиркой. Затем в воронку наливали воду (37...38 °С) так, чтобы масса навоза находилась в воде, и оставляли при комнатной температуре на 6...12 ч. По истечении времени резиновую трубку осторожно отсоединяли от воронки, сливали воду из каждой пробирки до осадка, а осадок микроскопировали. Для подтверждения жизнеспособности обнаруженных при копроскопическом исследовании яиц гельминтов их культивировали в термостате при температуре 26 °С во влажной среде, периодически аэрируя и наблюдая за развитием зародыша [7].

На втором этапе исследований необходимо было изучить воздействие электромагнитного излучения на выживаемость яиц гельминтов и ооцист простейших при экспозиции 1 и 2 мин.

Для этого пробы навоза, в которых были обнаружены яйца гельминтов и ооцисты простейших, обрабатывали в аппарате с вихревым слоем (АВС) в Институт нефтехимпереработки, Уфа. Для этого отобраные жидкие пробы навоза крупного рогатого скота влажностью 95...97 % помещали во вращающееся электромагнитное поле в аппаратах с вихревым слоем АВС-150 (индуктор которого питается переменным током напряжением 380 В и частотой



50 Гц, потребляемая мощность 1,6 кВт) с ферромагнитными частицами в рабочей камере массой 400...700 г. Время обработки составляло 1 и 2 мин.

Аппарат с вихревым слоем работает следующим образом. После подачи напряжения на обмотку в ней возникает переменный ток, создающий переменный магнитный поток, который проходит в аксиальном направлении от магнитопровода индуктора через рабочую зону рабочей камеры и замыкается по расположенному аксиально магнитному проводу. После этого магнитный поток возвращается через рабочую зону и замыкается по магнитному проводу индуктора. В рабочей зоне возникает вращающееся электромагнитное поле, увлекающее за собой ферромагнитные частицы. Исходный жидкий навоз из подводящего патрубка рабочей камеры попадает во внутреннюю часть рабочей зоны рабочей камеры, условно ограниченную внутренним диаметром магнитопровода индуктора. В этой части плотность вихревого слоя ферромагнитных частиц незначительна, так как они попадают сюда после столкновения с другими частицами с рабочими поверхностями рабочей камеры. Под напором вновь поступающего исходного навоза обрабатываемый навоз перемещается на участок рабочей зоны рабочей камеры, условно ограниченный внешним и внутренним диаметрами магнитопровода индуктора. Путь, который проходит каждая силовая линия магнитного поля от магнитопровода индуктора к расположенному аксиально магнитопроводу и обратно, является равнограниченным и значительно меньше пути, преодолеваемого силовыми линиями в аппаратах цилиндрического исполнения. Следовательно, электромагнитное поле, создаваемое этими линиями, является более однородным, а значение магнитной индукции и плотность вихревого слоя (во время работы аппарата) максимальны [1].

После обеззараживания навоза во вращающемся электромагнитном поле в аппаратах с вихревым слоем АВС-150 пробы исследовались методом последовательных промываний и методом Фюллеборна на наличие яиц гельминтов и ооцист простейших, а также методом гельминтоляроскопии на наличие личинок нематод (гельминтов).

Статистическую обработку цифровых данных проводили с использованием пакета статистического анализа для Microsoft Excel. Достоверность различий между группами по количественным признакам оценивали с помощью t-критерия Стьюдента.

Зараженность крупного рогатого скота яйцами гельминтов и ооцистами простейших определяли в 99 пробах.

Результаты исследований и их обсуждение.

Установлено, что крупный рогатый скот заражен трематодами видов *Dicrocoelium lanceatum*, *Fasciola hepatica* и *Paramphistomum ichikawaai* в 24 % случаев, нематодами *Strongylata* в 64 % случаев, цестодами

Moniezia expansa в 16 % случаев, ооцистами простейших *Eimeria bovis* в 18 % случаев. Личинки нематод были выделены из 70 проб, что составило 71 %. Интенсивность инвазии составила $3,8 \pm 0,03$ экземпляра яиц и $1,4 \pm 0,012$ экземпляров личинок.

Из 99 исследованных проб в 19 случаях яйца гельминтов и ооцисты простейших обнаружены не были. Таким образом, экстенсивность инвазии при исследовании принятыми гельминтовоскопическими методами составила 81 %.

На втором этапе исследований пробы навоза от животных, зараженных яйцами гельминтов и ооцистами простейших, прошли обработку в вихревом слое ферромагнитных частиц аппарата АВС-150 с экспозицией 1 и 2 мин. Затем пробы повторно исследовались гельминтовоскопически и гельминтоляроскопическими методами.

Установлено, что после обработки 20 проб фекалий в вихревом слое ферромагнитных частиц аппарата АВС-150 с экспозицией 1 мин яйца трематод обнаружены не были, яйца нематод выделялись из 60 % обработанных проб, цестоды — в 30 % проб, простейшие — в 25 % проб. Интенсивность инвазии снизилась до $1,85 \pm 0,02$ экземпляров яиц. Личинки нематод методом гельминтоляроскопии выделены не были. Из 20 исследованных проб в 17 случаях яйца гельминтов и ооцисты простейших обнаружены не были.

После обработки 20 проб навоза в вихревом слое ферромагнитных частиц аппарата АВС-150 с экспозицией 2 мин яйца трематод обнаружены не были, яйца нематод выделялись из 35 % обработанных проб, цестоды — в 15 % проб, простейшие — в 10 % проб. Интенсивность инвазии снизилась до $1,1 \pm 0,012$ экземпляров яиц. Личинки нематод методом гельминтоляроскопии выделены не были. Из 20 исследованных проб в 14 случаях яйца гельминтов и ооцисты простейших обнаружены не были.

Выводы. Таким образом, при исследовании 99 проб жидких отходов крупного рогатого скота черно-пестрой породы агрофирмы "Николаевское" Уфимского района РБ экстенсивность инвазии составила 81 %. Установлено, что крупный рогатый скот заражен трематодами видов *Dicrocoelium lanceatum*, *Fasciola hepatica* и *Paramphistomum ichikawaai* в 24 % случаев, нематодами *o. Strongylata* — в 64 % случаев, цестодами *Moniezia expansa* — в 16 % случаев, ооцистами простейших *Eimeria bovis* — в 18 % случаев.

Показано, что после обработки отходов в вихревом слое ферромагнитных частиц аппарата АВС-150 с экспозицией 1 мин экстенсивность инвазии составила 85 % при интенсивности инвазии $1,85 \pm 0,02$ экземпляров яиц. Личинки нематод методом гельминтоляроскопии выделены не были. После обработки отходов в вихревом слое ферромагнитных частиц аппарата АВС-150 с экспозицией 2 мин экстенсивность инвазии составила 70 % при интенсивности инвазии $1,1 \pm 0,012$ экземпляров яиц. Личинки

нематод методом гельминтолярвоскопии выделены не были.

Таким образом, два изучаемых режима обработки жидкого навоза крупного рогатого скота влажностью 95...97 % во вращающемся электромагнитном поле в аппаратах с вихревым слоем АВС-150 (1 и 2 мин) приводят к одинаковым показателям эффективности обеззараживания. Однако более рациональным представляется использование варианта с меньшей продолжительностью обработки.

Список литературы

1. Ковальчук А. Н., Ковальчук Н. М. К вопросу развития способов обеззараживания навоза // В сборнике: Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития. Ответственные за выпуск: А. А. Кондрашев, В. Б. Новикова. — 2016. — С. 50—55.
2. Соболева О. М., Колосова М. М. Повышение микробиологической безопасности отходов животноводства после электро-

- магнитной обработки // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2016. — № 10 (144). — С. 73—78.
3. **Ветеринарно-санитарные правила** подготовки к использованию в качестве органических удобрений навоза, помета и стоков при инвазионных болезнях животных и птицы. — М., 1997.
 4. **Адошев А. И.** Ферровихревой аппарат для обеззараживания жидкого свиного навоза: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. — Ставрополь, 2011. — 16 с.
 5. **Колосова М. М., Соболева О. М., Филипович Л. А.** Электромагнитная обработка отходов животноводства для получения экологически безопасных органических удобрений // Достижения науки и техники АПК. — 2017. — Т. 31. — № 5. — С. 57—59.
 6. **Мельцов И. В.** Эффективность дегельминтизации жидкого бесподстилочного навоза при разных технологиях его переработки: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата ветеринарных наук / Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии. — Тюмень, 2003. — 16 с.
 7. **Паразитология и инвазионные болезни животных:** Учебник для вузов / М. Ш. Акбаев [и др.]; под ред. М. Ш. Акбаева. — 2-е изд., испр. — М.: Колос, 2000. — 744 с.

A. V. Andreeva, Professor, e-mail: alfia_andreeva@mail.ru, **O. N. Nikolaeva**, Associate Professor, **I. R. Mullayarova**, Associate Professor, Bashkirsky State Agricultural University, Ufa, **A. V. Kuptsov**, Deputy Director of the Department, **A. B. Magid**, Deputy Director, Institute of petrochemical processing, Ufa, **M. A. Magid**, Master's Degree Student, Ufa State Aviation Technical University

Disinfecting of Liquid Manure from Eggs of Helminths and an Ootsist of Eimeriia Influence of Electromagnetic Radiation

In the course of work researches on influence of electromagnetic radiation on survival of eggs of helminths and an ootsist of protozoa after processing of liquid manure by humidity of 95...97 % in the rotating electromagnetic field in devices with a vortex layer of AVS-150 with an exposition were conducted 1 and 2 minutes. It is established that after processing of excrements in a vortex layer of ferromagnetic particles of the device AVS-150 with an exposition of 1 min. the extensiveness of an invasion was 85 % at intensity of an invasion of 1.85 ± 0.02 copies of eggs. Larvae of nematodes were not allocated with method of a gelmintolyarvoskopiya. After processing of excrements in a vortex layer of ferromagnetic particles of the device AVS-150 with an exposition of 2 min. the extensiveness of an invasion was 70 % at intensity of an invasion of 1.1 ± 0.012 copies of eggs. Larvae of nematodes were not allocated with method of a gelmintolyarvoskopiya.

Keywords: helminthoses, ootsist, electromagnetic radiation, gelmintolyarvoskopiya

References

1. **Kovalchuk A. N., Kovalchuk N. M.** K voprosu razvitiya sposobov obezrazhivaniya navoza. *V sbornike: Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiya.* Otvetstvennye za vypusk: A. A. Kondrashev, V. B. Novikova. 2016. P. 50—55.
2. **Soboleva O. M., Kolosova M. M.** Povyshenie mikrobiologicheskoy bezopasnosti othodov zhivotnovodstva posle elektromagnitnoj obrabotki. *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.* 2016. No. 10 (144). P. 73—78.
3. **Ветеринарно-санитарные правила** подготовки к использованию в качестве органических удобрений навоза, помета и стоков при инвазионных болезнях животных и птиц. Moscow, 1997.
4. **Adoshev A. I.** Ferrovihrevoj apparat dlya obezrazhivaniya zhidkogo svinogo navoza: Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Stavropol, 2011. 16 p.

5. **Kolosova M. M., Soboleva O. M., Filipovich L. A.** Elektromagnitnaya obrabotka othodov zhivotnovodstva dlya polucheniya ekologicheskibeзопасnyh organicheskikh udobrenij. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK.* 2017. Vol. 31. No. 5. P. 57—59.
6. **Melcov I. V.** Effektivnost degelmintizatsii zhidkogo bespodstilochnogo navoza pri raznykh tekhnologiyah ego pererabotki: Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata veterinarных nauk / Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut veterinarной entomologii i arahnologii. Tyumen, 2003. 16 p.
7. **Паразитология и инвазионные болезни животных:** Учебник для студентов вузов по специальности 310800 "Ветеринария". М. Ш. Акбаев [и др.]; под ред. М. Ш. Акбаева. 2-е изд., испр. Moscow: Kolos, 2000. 744 p.



УДК 66.061 + 621.32

Т. Н. Патрушева, д-р техн. наук, проф. кафедры, e-mail: pat55@mail.ru,
С. К. Петров, канд. техн. наук, доцент кафедры, Балтийский государственный
технический университет "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, Санкт-Петербург,
А. С. Слизкова, магистрант, институт Инженерной физики и радиоэлектроники
Сибирского федерального университета, Красноярск,
С. Г. Марченкова, канд. техн. наук, доц., Торгово-экономический институт
Сибирского федерального университета, Красноярск

Малозатратные солнечные ячейки для "зеленой" энергетики

В статье рассмотрена проблема создания возобновляемых источников энергии. Затратное и токсичное производство монокристаллического кремния и высокая стоимость кремниевых солнечных батарей являются препятствием к их широкому использованию. С целью снижения стоимости солнечных батарей предложен экстракционно-пиролитический метод, который по технологичности, безопасности и дешевизне превосходит многие другие способы. Экстракционно-пиролитическим методом получены солнечные ячейки на стекле, которые включают тонкие пленки прозрачного проводящего оксида индия-олова в качестве электродов, на один из которых нанесено многослойное покрытие диоксида титана, пропитанное сенсibiliзирующим красителем, и электролит. Экстракционно-пиролитический метод позволяет наносить пленки на большие поверхности, а солнечные батареи, сенсibiliзированные красителем, могут быть использованы для строительного дизайна.

Ключевые слова: солнечные ячейки на стекле, экстракционно-пиролитический метод, прозрачные проводящие пленки, многослойные покрытия диоксидом титана

Введение

Рост энергопотребления и загрязнение окружающей среды выбросами от тепловых электростанций, которые вызывают парниковый эффект и кислотные дожди, вплотную приблизили человечество к использованию возобновляемых источников энергии, а именно — энергии солнца. По имеющимся оценкам количество солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли за неделю, превышает энергию мировых запасов нефти, газа, угля и урана вместе взятых [1]. Источником энергии солнечного излучения служит термоядерная реакция — каждую секунду на Солнце $\sim 6 \cdot 10^{11}$ кг водорода превращается в гелий. Дефект массы при этом составляет 4000 кг, что согласно соотношению Эйнштейна $E = mc^2$ (m — масса, c — скорость света) приводит к выделению $4 \cdot 10^{20}$ Дж энергии. Таким образом, при использовании высокоэффективных методов преобразования энергии Солнце может обеспечивать бурно растущие потребности человечества в экологически чистой энергии. На протяжении нескольких десятилетий в сфере космических технологий широко и с успехом применяются солнечные батареи и, несмотря на то, что получаемая таким образом энергия примерно в пять раз

дороже традиционной, солнечные батареи широко используются и на Земле. Стоимость основного материала современной солнечной энергетики — кремния солнечного качества равна в настоящее время цене урана для атомных электростанций. Уменьшить стоимость солнечных батарей можно, если использовать более дешевые материалы и более дешевые процессы производства. Это возможно лишь при создании и использовании новых технологических решений с привлечением нанотехнологий. Используя наночастицы, можно увеличить отношение площади поверхности батареи к объему, в результате чего эффективность солнечных батарей возрастет.

Достижение максимальной фотоэлектрической эффективности требует поиска новых безопасных путей синтеза наноструктурированных полупроводников с минимальными затратами.

1. Разновидности солнечных батарей

На данный момент времени существуют различные конфигурации полупроводниковых устройств, преобразующих солнечный свет в электрический ток, называемых солнечными батареями. Общепринятой практикой является классификация солнечных батарей по поколениям.

Начиная с солнечных батарей первого поколения, в которых основным компонентом являлся кремний, продолжая вторым поколением, основой которого послужили преобразователи на основе теллура и кадмия, к третьему поколению относят сенсibilизированные красителем солнечные ячейки (dye sensitized solar cells — DSSC) [2].

Кремниевые солнечные панели первого поколения можно разделить на два класса: поликристаллические и монокристаллические. Элементы из монокристаллического кремния имеют более высокий КПД, но они более дорогостоящие, нежели пластины из поликристаллического кремния. Кремний получают в промышленном производстве при восстановлении тетрахлорида кремния, который является ядовитым и взрывоопасным веществом, работа с которым влечет различные риски. Чаще всего как восстановитель используют водород, при этом образуется хлороводород — ядовитый газ, который затем улавливают и получают соляную кислоту.

Восстановление тетрахлорида кремния водородом осуществляется непосредственно на нагретой до 1050...1100 °С танталовой или молибденовой проволоке. Осевший на проволоке кремний снимают и подготавливают к плавке, для чего используют химическую реакцию — травление смесью кислот $\text{HF} + \text{HNO}_3$. Затем кремний плавят в тиглях и после остывания вынимают готовые слитки чистого кремния, из которых возможно производство кремниевых солнечных фотоэлементов [3]. Таким образом, технология производства кремниевых батарей сложна, энергозатратна, требует чистых помещений, что и обуславливает высокую цену готового продукта. Кроме того, солнечные электростанции занимают большие участки земли, нарушая естественные экосистемы.

Солнечные элементы второго поколения имеют в своем составе вредные вещества (теллур, кадмий, сурьму) и характеризуются меньшим КПД и использованием для их получения затратных вакуумных методов. В их производстве используются токсичные химикаты. Наиболее высокую эффективность (около 40 %) проявляют гетероструктурные солнечные батареи, которые производят наслаиванием полупроводниковых материалов методами химического транспорта или молекулярно-слоевого осаждения с использованием сложного вакуумного оборудования.

В итоге цена на электроэнергию, вырабатываемую фотовольтаическими преобразователями указанных типов, составляет 0,15...0,29 евро/кВт·ч, в то время как цена энергии из традиционных источников — 0,02...0,035 евро/кВт·ч. [4]. В связи с этим необходим поиск более дешевых и эффективных материалов для солнечных батарей и методов их изготовления.

Создание в 1991 г. солнечных элементов третьего поколения на базе широкозонных полупроводников, которые сенсibilизированы органическими или металлоорганическими красителями (DSSC), обеспечило прорыв в этой области. В качестве фотоанода был применен обладающий развитой поверхностью мезопористый оксид титана с частицами 10...20 нм, сенсibilизированный комплексным соединением рутения. Такие солнечные батареи изготавливаются на стекле и могут быть размещены на фасадах зданий, обеспечивая их дизайн и не принося вред ландшафту (рис. 1 — см. 4-ю стр. обложки). Они не требуют прямого попадания солнечных лучей и могут работать в тени.

Механизм работы ячеек DSSC аналогичен природному процессу выделения кислорода под влиянием хлорофилла в зеленом листе. Свет, падающий на краситель, высвобождает электроны и создает области положительного заряда вследствие потери электронов. Полупроводящие частицы двуокиси титана подбирают электроны и переводят их во внешнюю цепь, создавая электрический ток. Однако до сих пор не достигнуты высокие КПД солнечных батарей на стекле в связи с отсутствием эффективных сенсibilизаторов, позволяющих поглощать больший диапазон длин волн, и фотоанодов, структура которых обеспечивает максимальное светособирание.

Достижение максимальной фотоэлектрической эффективности требует: а) высокой удельной поверхности полупроводника, чтобы улучшить адсорбционную способность к краскам; б) хорошего электрического контакта между прозрачным электродом и пленкой TiO_2 и между частицами TiO_2 . В связи с этим требуется синтезировать новые наноструктурированные TiO_2 полупроводники с контролируемым размером частиц для минимизации темнового тока. Кроме того, целесообразно нанесение защитных слоев BaTiO_3 , SrTiO_3 , Al_2O_3 на поверхность фотоанода для подавления рекомбинации электронов при контакте с электролитом.

2. Материалы и методы исследования

Для масштабного производства недорогих оксидных солнечных ячеек целесообразно использовать растворную технологию получения оксидных пленок. Для изготовления солнечных элементов на стекле был использован малозатратный экстракционно-пиролитический метод [5]. Сущность метода заключается в экстракционном извлечении целевых компонентов из водных растворов, уточнении концентрации экстрактов и последующем пиролизе пленок, нанесенных на подложки.

Для экстракции металлов использованы монокарбоновые кислоты, в частности α -разветвленные кислоты фракций C5—C9 (каприловая, капроновая, энантовая, пеларгоновая и их смеси). Органические кислоты и их соли практически не оказывают вредного влияния на организм человека, входят в состав косметических средств и продуктов питания.

Экстракция Ti, In, Sn проводилась путем осуществления контакта водных растворов солей металлов и монокарбоновой кислоты при добавлении в раствор щелочи. В процессе экстракции в органической фазе образуются растворы карбоксилатов металлов в избытке органических кислот. Полученные растворы с заданной концентрацией металлов исследовали методом атомной абсорбции для уточнения концентрации. Затем экстракты индия и олова смешивали в стехиометрическом соотношении In:Sn = 9:1.

На очищенную стеклянную подложку наносили раствор смеси экстрактов In-Sn методом накатывания и подвергали термической обработке (пиролизу) на воздухе в открытой печи при температуре 580 °C. На стекле формировалась прозрачная пленка оксида индия-олова In_9SnO_x (ITO) [6]. Таким образом, на стекле были получены прозрачные электроды для солнечной ячейки.

Затем на одном из электродов формировали пленку экстракта титана методом накатывания, сохраняя участок с проводящей пленкой для присоединения контактов. Пленки различной толщины были получены последовательным нанесением раствора экстракта титана на стеклянные подложки методом накатывания и пиролизом каждого слоя при 450 °C с повторением цикла 5—20 раз. Метод экстракции позволяет получить органические растворы с различной концентрацией, которая регулируется добавлением щелочного реагента. Исследование микроструктуры пленок, полученных из растворов экстрактов с различной концентрацией (0,12 М, 0,45 М и 0,7 М), проводили методом атомно-силовой микроскопии (АСМ).

Солнечные ячейки (DSSC) на стекле, сенсибилизированные красителем, были изготовлены с использованием полученного экстракционно-пиролитическим методом многослойного фотоанода, пропитанного экстрактом рутения, а также экстрактами малины, черники, красного апельсина в качестве красителя, и присоединенного к ITO-контр-электроду с прослойкой электролита (полиэтиленгликоль с добавлением растворов, KJ, J₂ и LiClO₄). Ячейки имели контактные площадки на ITO-пленке для присоединения выводов и были загерметизированы эпоксидным клеем.

3. Результаты и обсуждение

Проводящие прозрачные электроды In_9SnO_x с поверхностным сопротивлением порядка 0,4 кОм/квадрат были приготовлены экстракционно-пиролитическим методом [6]. С увеличением толщины посредством повторения циклов нанесения и пиролиза поверхностное сопротивление пленки снижалось и при толщине пленки 300 нм составило 40...60 Ом/квадрат.

В качестве фотоанода солнечных ячеек на стекле обычно используется диоксид титана, нанесенный методом накатывания суспензии нанопорошка TiO_2 , стоимость которого достаточно высока. Этим методом формируется однородное мезопористое покрытие.

Для получения фотоанодов с максимальным светосбором целесообразно формировать многослойную структуру, а именно компактный наноразмерный слой TiO_2 чтобы обеспечить адгезию последующих слоев TiO_2 , мезопористый слой TiO_2 для адсорбции красителя в полупроводнике и рассеивающий слой TiO_2 для улучшения светосбора (рис. 2).

Экстракционно-пиролитическим методом были получены фотоаноды с многослойной структурой, благодаря использованию экстрактов титана с различной концентрацией. Получены экстракты титана с различной концентрацией (0,12 М, 0,45 М и 0,7 М), которые имели различную вязкость, повышающуюся с увеличением концентрации Ti.

Концентрация наносимого раствора оказывает значительное влияние на микроструктуру пленок, поскольку при повышении концентрации меняются механизмы роста пленок в связи

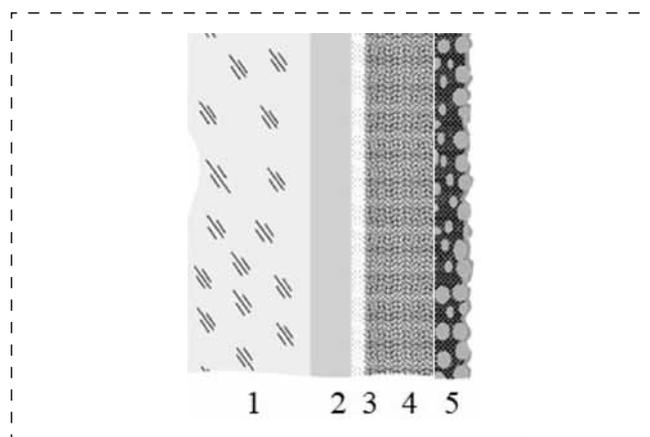


Рис. 2. Схематическое изображение структуры многослойного фотоанода:

1 — стекло; 2 — прозрачная проводящая пленка оксида индия-олова (ITO); 3 — компактный слой TiO_2 ; 4 — мезопористый слой TiO_2 ; 5 — рассеивающий слой TiO_2

Структура фотоанода, полученного экстракционно-пиролитическим методом

Слой	Концентрация титана в экстракте, %	Толщина пленки, нм	Размер частиц, нм	Шероховатость, нм
Компактный	0,12	100	3...5	0,5...4
Мезопористый	0,45	2000	20...50	20...30
Рассеивающий	0,70	2000	200...1000	200...250

с изменением расстояний между частицами и формированием агрегатов частиц. С помощью метода атомно-силовой микроскопии определен размер частиц диоксида титана. Компактный слой толщиной 100 нм, полученный из раствора экстракта с концентрацией титана 0,12 М, содержал частицы размером 3...5 нм. Мезопористый слой толщиной около 1 мкм, полученный из раствора экстракта с концентрацией титана 0,45 М, содержал частицы размером 10...20 нм, а также агрегаты частиц размером до 200 нм. Рассеивающий слой толщиной 2 мкм, полученный из экстракта титана с концентрацией 0,7 М, состоял из частиц различных размеров от 200 нм до 1 мкм. Результаты представлены в таблице, по данным которой видна возможность регулирования размера зерна в пленке посредством изменения концентрации наносимых растворов экстрактов.

Известно [7], что толщина пленки фотоанода должна быть достаточно большой для его эффективной работы. Однако повышение толщины пленки TiO_2 приводит к нарушению ее адгезии к предыдущим слоям. В связи с этим предложена обработка многослойного фотоанода раствором экстракта титана, которая вызывает улучшение адгезии и механической прочности слоев TiO_2 , что соответствует требованию достижения хорошего электрического контакта между прозрачным электродом и пленкой TiO_2 и между частицами TiO_2 .

Тонкие защитные пленки титаната бария-стронция были нанесены на поверхность многослойного фотоанода экстракционно-пиролитическим методом с использованием раствора смеси экстрактов бария, стронция и титана, которые были смешаны в стехиометрическом соотношении 0,7:0,3:1 [8]. Отжиг многослойного фотоанода проводился при 500 °С в течение 30 мин. Полученные пленки толщиной 2...3 мкм были адгезионно прочными и не осыпались после отжига в отличие от покрытий, наносимых из коммерческих порошков диоксида титана.

Повышенный фактор шероховатости поверхности в рассеивающем слое способствует увеличению адсорбции красителя. В качестве красителя в данном исследовании применены экстракты природных красителей, в которые фотоанод был погружен 12 ч, а затем высушен на воздухе.

Солнечные ячейки были сформированы посредством соединения фотоанода, пропитанного

красителем, и контр-электрода ИТО на стекле, с электролитом между ними. Твердый электролит на основе полиэтиленгликоля и раствора йодной пары $KJ:J_2$ с соотношением 3:1 был модифицирован добавлением раствора $LiClO_4$ в пропиленкарбонате в количестве 3 % [9].

Фотовольтаические испытания показали повышенную эффективность солнечных ячеек с многослойной структурой фотоанода по сравнению с ячейками с однослойной структурой фотоанода. Однако использование природных красителей не приводит к высоким значениям КПД и проблема поиска эффективного красителя для сенсibilизации солнечных ячеек до сих пор остается важной.

Заключение

Экстракционно-пиролитический метод использует растворы экстрактов металлов, которые можно наносить на поверхности любых форм и размеров, что предполагает использование его для создания фасадных покрытий, в том числе устройств "зеленой" энергетики.

Разработаны солнечные ячейки на стекле, включающие трехмерные по структуре полупроводниковые оксиды для фотоанода, чтобы увеличить адсорбцию красителя и эффективность инжекции электронов. Тонкая пленка оксида титана на поверхности проводящего слоя пленки оксида индия-олова (ИТО) способствует эффективному электронному транспорту, а последующее нанесение пористого покрытия полупроводникового оксида, пропитанного красителем и электролитом, повышает конверсионную эффективность. Экстракционно-пиролитическим методом получены пленки диоксида титана с различной микроструктурой, благодаря использованию органических экстрактов титана с определенной концентрацией.

Обработка мезопористой пленки раствором экстракта титана, во-первых, повышает прочность связи между подложкой с проводящим и компактным слоем и пористым слоем TiO_2 , а во-вторых, блокирует рекомбинацию зарядов между электронами, вытекающими из ИТО ионами электролита.

Наряду с преимуществами разработки — простота устройства и использование недорогих материалов, их производство осуществляется без использования вакуума. Органические растворы



легко образуют смачивающие пленки на большинстве материалов, благодаря низким значениям поверхностного натяжения. При этом происходят процессы самоорганизации, способствующие формированию наноструктур.

Список литературы

1. Алферов Ж. И., Андреев В. М., Румянцев В. Д. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики // Физика и техника полупроводников. — 2004. — Т. 38. — Вып. 8. — С. 937—948.
2. Патрушева Т. Н. Технологии изготовления компонентов оксидных солнечных батарей: Монография. Красноярск: Изд. СФУ. — 2015. — 328 с.
3. Глинка Н. Л. Общая химия. 24-е изд. — Л.: Химия, 1985. — 702 с.
4. Солнечные батареи должны быть дешевыми и эффективными / С. Козюхин, В. Иванов, А. Шевельков,

- Г. Русинов, Р. Иргашев, В. Козик // Коммерсантъ Наука. — 2015. — № 7. — С. 32—35.
5. Холькин А. И., Патрушева Т. Н. Экстракционно-пиролитическому методу 25 лет. Результаты и перспективы // Химическая технология. — 2015. — № 10. — С. 3—7.
6. Патрушева Т. Н., Снежко Н. Ю., Патрушев В. В. Способ получения прозрачной проводящей пленки InSnO // Евразийский патент № 020830 от 27.02.2015 г.
7. Patrusheva T. Photoactive oxides prepared by extraction-pyrolysis technique // Book of abstract of International Congress on Renewable energy. — Glasgow. — 2008. — July. — P. 116—117.
8. Экстракционно-пиролитический метод синтеза сегнетоэлектрических пленок / Т. Н. Патрушева, В. В. Меньшиков, Д. В. Юрьев, А. А. Буторин, М. Я. Никулин // Химическая технология. — 2004. — № 12. — С. 3—8.
9. Исследование влияния состава электролита на свойства оксидной солнечной ячейки / Т. Н. Патрушева, Г. А. Сухова, Е. А. Чудинов, А. В. Рыженков, А. А. Попов // Электрохимическая энергетика. — 2014. — Т. 13. — № 3. — С. 158—162.

T. N. Patrusheva, Professor, e-mail: pat55@mail.ru, **S. K. Petrov**, Associate Professor, Baltic State Technical University "VOENMECH" them. D. F. Ustinova, Saint-Petersburg, **A. S. Slizkova**, Graduate Student, **S. G. Marchenkova**, Associate Professor, Siberian Federal University, Krasnoyarsk

Low-Consumable Solar Cells for "Green" Energy

Silicon solar cells created for space stations have become popular on the surface of the Earth because of the need to create renewable energy sources that do not pollute the environment. The use of toxic substances in the production of monocrystalline silicon and the high cost of silicon solar cells are an obstacle to their widespread use. We have proposed an extraction-pyrolytic method in order to reduce the cost of solar cells. This method is superior to many others in its manufacturability, safety and low cost. Solar panels on glass, created on the basis of film technology, are a promising alternative to silicon solar current sources due to their ability to perceive the sun's rays at any angle, and the possibility of their placement on the facades of houses. Solar cells on glass obtained by an extraction-pyrolytic method include thin films of transparent conducting indium tin oxide as electrodes, one of which is coated with a multilayer titanium dioxide coating impregnated with a sensitizing dye and an electrolyte. The multi-layer structure of the photo-anode allows to increase the adhesion of semiconductor titanium dioxide to the electrode, to create a mesoporous layer for the adsorption of the dye and a scattering layer for improving the light collecting. Extraction pyrolytic method allows you to apply films on large surfaces, and solar cells sensitized with dye can be used for building design.

Keywords: solar cells on glass, extraction-pyrolytic method, transparent conductive films, multilayer coatings of titanium dioxide

References

1. Alfjorov Zh. I., Andreev V. M., Rumjancev V. D. Tendencii i perspektivy razvitiya solnechnoj fotojenergetiki. *Fizika i tehnika poluprovodnikov*. 2004. Vol. 38. Iss. 8. P. 937—948.
2. Patrusheva T. N. Tehnologii izgotovlenija komponentov oksidnyh solnechnyh batarej: Monografija. Krasnojarsk: Izd. SFU. 2015. 328 p.
3. Glinka N. L. Obshhaja himija. 24-e izd. Leningrad: Himija, 1985. 702 p.
4. Solnechnye batarei dolzhny byt' deshevymi i jeffektivnymi. S. Kozjuhin, V. Ivanov, A. Shevel'kov, G. Rusinov, R. Irgashev, V. Kozik. *Kommersant# Nauka*. 2015. No. 7. P. 32—35.
5. Hol'kin A. I., Patrusheva T. N. Jekstrakcionno-piroliticheskomu metodu 25 let. Rezul'taty i perspektivy. *Himicheskaja tehnologija*. 2015. No. 10. P. 3—7.
6. Patrusheva T. N., Snezhko N. Ju., Patrushev V. V. Sposob poluchenija prozrachnoj provodjashhej plenki InSnO. *Evrazijskij patent* № 020830 ot 27.02.2015 g.
7. Patrusheva T. Photoactive oxides prepared by extraction-pyrolysis technique // Book of abstract of International Congress on Renewable energy. Glasgow. 2008. July. P. 116—117.
8. Jekstrakcionno-piroliticheskij metod sinteza segnetoelektricheskij plenok. T. N. Patrusheva, V. V. Men'shikov, D. V. Jur'ev, A. A. Butorin, M. Ja. Nikulin. *Himicheskaja tehnologija*. 2004. № 12. P. 3—8.
9. Issledovanie vlijanija sostava jelektrolita na svojstva oksidnoj solnechnoj jachejki. T. N. Patrusheva, G. A. Suhova, E. A. Chudinov, A. V. Ryzhenkov, A. A. Popov. *Jelektrohimicheskaja jenergetika*. 2014. Vol. 13. No. 3. P. 158—162.

УДК 543.3:543.31

Р. Р. Газетдинов, канд. хим. наук, доц., e-mail: aldrich@mail.ru,
К. Г. Иксанова, магистрант, Бирский филиал Башкирского государственного университета

Оценка отдельных показателей воды родников Бирского района Республики Башкортостан

Представлены результаты исследования отдельных показателей воды ряда родников Бирского района Республики Башкортостан, в частности определены водородный показатель, общая минерализация, массовые концентрации тяжелых металлов, органолептические показатели. Установлено, что вода изученных родников соответствует санитарным нормам, предъявляемым к воде питьевого назначения. Критического антропогенного и техногенного воздействия на состояние родников не обнаружено.

Ключевые слова: вода, природные источники, тяжелые металлы, физико-химические показатели

Введение

Родники (иначе называют источником, ключом, криницей) — это естественный выход подземных вод на земную поверхность на суше или под водой, или подводный источник. Подземные воды находятся в полостях, порах и трещинах горных пород в верхней части земной коры. Верхняя граница водонасыщенной зоны называется зеркалом, или уровнем подземных вод. Там, где водоносные горизонты пересекаются с земной поверхностью, возникают родники. Поскольку глубина грунтовых вод меняется в зависимости от сезона и количества выпадающих осадков, родники могут внезапно исчезать, быть просачивающимися, капельными или бить ключом.

Сейчас в сельской местности происходят кардинальные изменения. Деревни пустеют, уголья зарастают бурьяном. Вместе с этим теряются, уничтожаются уникальные природные объекты, в том числе и родники. Без постоянного внимания и ухода они постепенно зарастают.

В Бирском районе Республики Башкортостан десятки крупных родников, используемых населением для набора питьевой воды. Текущая оценка и мониторинг состояния родников является актуальной и важной задачей [1, 2].

В данной работе представлены результаты исследования отдельных показателей воды ряда родников Бирского района Республики Башкортостан.

Объекты и методы исследований

Бирский район находится на территории Предуралья, прилегающей к Южному Уралу, в низовье реки Белой. Площадь 1717 км². Район расположен

в пределах Прибельской увалисто-волнистой равнины, в зоне Северной лесостепи, в самом теплом, незначительно засушливом агроклиматическом регионе Башкирии. Правобережье реки Белой в границах Бирского района — составная часть Бирской лесостепи, которая характеризуется значительной (25...27 %) облесенностью территории и распространением серых лесных почв. На левобережье остепенность гораздо выше, а почвенный покров состоит из выщелоченных черноземов. Долина реки Белой шириной 10...20 км отличается от примыкающих к ней лесостепей комплексом своеобразных условий. Правый берег долины высокий, обрывистый с глубокими оврагами, левый — полого-низменный. Пойма занята обширными лугами, зарослями кустарников, а на более возвышенных частях — лесами. Много озер- стариц и болот. На территории района расположены Бирские, Уржумские, Калининковские, Тухтаровские минеральные источники. Климатические условия Бирского района в целом благоприятны и пригодны для жизни и хозяйственной деятельности населения [3].

Объектами исследования являются шесть родников Бирского района Республики Башкортостан [4]:

- объект № 1 — родник близ д. Новодесяткино;
- объект № 2 — родник в д. Кусекеево (внутри деревни);
- объект № 3 — родник в д. Кусекеево (за пределами деревни);
- объект № 4 — родник в д. Чишма;
- объект № 5 — родник в д. Акуди;
- объект № 6 — родник близ д. Пеньково.



Таблица 1

Результаты органолептических исследований

Показатель № объекта	Запах	Вкус и привкус	Цветность	Мутность	Температура, °С
1	0	0	Бесцветна	0	10
2	0	0	Бесцветна	0	12
3	0	0	Бесцветна	0	10
4	0	0	Бесцветна	0	12
5	0	0	Бесцветна	0	11
6	0	0	Бесцветна	0	14
Нормативы ПДК (баллы)	2	2...3	20	2,5	Не нормируется

Обследовав родники, можно отметить, что территория, прилегающая к ним, относительно благополучна. Это объясняется следующими факторами: отсутствие в деревнях крупных промышленных предприятий; удаленность от магазинов; недалеко от родников находятся жилые дома, население малочисленное (кроме родника деревни Кусекеево, который находится на улице); относительно удачное местоположение родников с точки зрения отсутствия попадания в них загрязненных вод. Неблагоприятным фактором для родника близ деревни Новодесяткино является расположение его возле автомобильной дороги.

Исследование отдельных показателей шести природных источников проводилось весной 2019 г. В соответствии с СанПин 2.1.4.1175—02 [4], в образцах определяли водородный показатель (рН), общую минерализацию, массовые концентрации тяжелых металлов (свинец, кадмий, медь, марганец, железо, цинк и мышьяк), а также органолептические показатели (вкус и запах).

Химические анализы проводились в лаборатории экологического мониторинга физико-химических загрязнений окружающей среды при Бирском филиале Башкирского государственного университета.

Отбор проб проводился в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51592—2000 "Вода. Общие требования к отбору проб" [5].

Водородный показатель определяли потенциометрическим методом с помощью рН метра "Анион-4100". Общую минерализацию определяли гравиметрическим методом с использованием электропечи SNOL 7,2/1100 и цифровых аналитических весов "A&D" GR-200. Для определения массовых концентраций тяжелых металлов применялся атомно-абсорбционный спектрометр (ААС) "Квант.Z.ЭТА" с электротермической атомизацией и зеэмановской коррекцией фонового поглощения резонансного излучения.

Используемые методики измерения допущены для целей государственного экологического контроля.

Результаты исследования

Все результаты исследований сравнивались с гигиеническими требованиями к качеству воды нецентрализованного водоснабжения по СанПин 2.1.4.1175—02.

Анализ лабораторных исследований свидетельствует, что качество воды в родниках по органолептическим показателям стабильно и соответствует нормам (табл. 1). Гнилостные процессы, "зацветание" и затухание воды не наблюдаются.

По общим показателям (табл. 2) воды изученных родников являются слабощелочными (рН = 7,05...7,22), общая минерализация невысокая — вода мягкая.

Результаты полученных данных (табл. 3) измерений массовых концентраций металлов в воде показывают, что изученные образцы имеют низкое содержание тяжелых металлов, не достигающее значений ПДК по нормам СанПин.

Таблица 2

Результаты измерений водородного показателя (рН) и общей минерализации

№ объекта	рН родника	Общая минерализация (сухой остаток)
1	7,05 ± 0,35	250 ± 25
2	7,17 ± 0,36	410 ± 41
3	7,22 ± 0,36	369 ± 37
4	7,19 ± 0,36	345 ± 34
5	7,11 ± 0,36	363 ± 36
6	7,09 ± 0,35	349 ± 35
Нормативы ПДК по СанПин 2.1.4.1175-02	6...9	1000...1500

Химический состав воды родников

№ объекта	Показатели, мг/дм ³						
	Mn (суммарно)	Pb	Cd (суммарно)	Cu	Zn	Fe (суммарно)	As
1	<0,001	<0,001	<0,00001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
2	<0,001	<0,001	<0,00001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
3	<0,001	<0,001	<0,00001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
4	<0,001	<0,001	<0,00001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
5	<0,001	<0,001	<0,00001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
6	<0,001	<0,001	<0,00001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Нормативы ПДК по СанПин 2.1.4.1175-02	0,1	0,03	0,001	1,0	5,0	0,3	0,05

Заключение

На основании лабораторного исследования воды шести родников Бирского района Республики Башкортостан установлено, что по всем изученным показателям пробы воды родников соответствуют санитарно-гигиеническим нормам СанПин 2.1.4.1175—02 и могут быть использованы в качестве питьевой.

Список литературы

1. **Абдрахманов Р. Ф.** Гидроэкология Башкортостана. Уфа: Информреклама, 2005. 344 с.

2. **Абдрахманов Р. Ф., Чалов Ю. Н., Батанов Б. Н.** Ресурсы пресных подземных вод и проблемы питьевого водоснабжения населения Башкортостана // VII Межрегиональная конференция: материалы. — Уфа, 2008. — С. 62—69.
3. **Бирский район.** URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD (дата обращения 25.05.2019).
4. **СанПиН 2.1.4.1175—02** Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников.
5. **ГОСТ Р 51592—2000** Вода. Общие требования к отбору проб. Межгосударственный стандарт.

R. R. Gazetdinov, Associate Professor, e-mail: aldrich@mail.ru,

K. G. Iksanova, Master Degree Student, Birk Branch of Bashkir State University

Evaluation of Individual Indicators of Water Springs Birk Region of the Republic of Bashkortostan

The results of the study of individual indicators of a number of springs of the Birk region of the Republic of Bashkortostan are presented, in particular, the pH value, total salinity, mass concentrations of heavy metals, and organoleptic characteristics are determined. It has been established that the water of the studied springs complies with the sanitary standards imposed on drinking water. No critical anthropogenic or technogenic impact on the state of the springs was found.

Keywords: water, natural sources, heavy metals, physico-chemical indicators

References

1. **Abdrakhmanov R. F.** Hidroekologiya Bashkortostana. Ufa: Informreklama, 2005. 344 p.
2. **Abdrakhmanov R. F., Chalov Yu. N., Batanov B. N.** Resursy presnykh podzemnykh vod i problemy pit'evogo vodosnabzheniya naseleniya Bashkortostana. VII Mezhregional'naya konferenciya: materialy. Ufa, 2008. P. 62—69.

3. **Birskij rajon.** URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD (date of access 25.05.2019).
4. **SanPiN 2.1.4.1175—02** Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody ne-centralizovannogo vodosnabzheniya. Sanitarnaya ohrana istochnikov.
5. **GOST R 51592—2000** Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob. Mezhgosudarstvennyj standart.



УДК 543.3; 543.31

Г. Г. Козлова, канд. хим. наук, доц. e-mail: gg.birsk@gmail.com,
А. С. Михайлова, студент 4 года обучения, **С. А. Онаина**, канд. хим. наук, доц.,
Бирский филиал Башкирского государственного университета,
В. Г. Козлов, канд. пед. наук, доц., Российский государственный гуманитарный
университет, филиал в Домодедово, Московская область

Определение содержания селена и его антагонистов в донниковом меде

Рассматриваются результаты измерений содержания селена и его антагонистов (Cu, Pb, As, Cd, Zn) в почве, растениях семейства Бобовых (Fabaceae) — Доннике лекарственном (Melilotus officinalis L.) и Доннике белом (Melilotus albus Medik.), в меде разнотравном и меде донниковом на территории Бирского района Республики Башкортостан. Показано, что оба вида донника накапливают из почвы селен, который мешает накоплению свинца, кадмия и мышьяка.

Донниковый мед значительно больше накапливает селен, чем мед разнотравный. Донниковый мед содержит больше цинка, чем мед разнотравный, но меньше свинца, меди, кадмия и мышьяка.

Ключевые слова: микроэлементы, пробы почвы, растительное сырье, мед, селен, кадмий, цинк, медь, мышьяк, свинец, тяжелые металлы

Введение

В организме человека селен является важной составляющей антиоксидантной защиты: он входит в состав фермента глутатионпероксидазы, которая в клетке осуществляет разрушение образующихся в обменных процессах свободных радикалов [1]. Количество селена в организме может меняться под влиянием других микроэлементов, таких как цинк и медь, или токсичных для человека элементов, к примеру, мышьяка, кадмия и свинца. Все названные элементы являются антагонистами по отношению к селену: чем больше их содержание, тем слабее накопление селена [5].

Для нормальной деятельности защитных механизмов организма селен поступает в него с пищей. Чеснок, семена кунжута и подсолнечника, фасоль богаты селеном [4]. Также большое количество селена может содержать мед.

Определение содержания селена и его антагонистов в донниковом меде является целью исследования. Для ее выполнения потребовалось:

1. Определить содержание селена, свинца, меди, цинка, мышьяка и кадмия в почве и в доннике;
2. Измерить количество селена и его антагонистов в донниковом меде;
3. Сравнить полученные результаты по донниковому меду с другим видом меда.

Объектами исследования явились почва, Донник лекарственный и Донник белый, мед донниковый и мед разнотравный.

Объекты исследования

Все пробы были собраны с территории Бирского района Республики Башкортостан. Территория сбора почвы и обоих видов донника (см. рисунок — 4-я стр. обложки) находится в зоне северной лесостепи, почвенный покров серый лесной, верхний слой почвы имеет суглинистый гранулометрический состав. Были взяты почва с места сбора трав и наземная часть с корнем растений семейства Бобовых (Fabaceae): Донника лекарственного (Melilotus officinalis L.) и Донника белого (Melilotus albus Medik.).

Пасека, с которой был взят разнотравный мед, находится в зоне северной лесостепи. Основные растения — медоносы этой территории относятся к семействам: Яснотковые (Lamiaceae), Кипрейные (Onagraceae), Бобовые (Fabaceae), Крестоцветные (Brassicaceae), Бурачниковые (Boraginaceae), Астроцветные (Asteraceae), Зонтичные (Apiaceae), Липовые (Tiliaceae). Мед ярко-желтого цвета, кристаллизованный.

Пасека, с которой был взят донниковый мед, находится в зоне северной лесостепи. Основными растениями — медоносами этой территории были Донник лекарственный и Донник белый, так как около пасеки росло донниковое поле. Мед ярко-желтого цвета, кристаллизованный.

Результаты исследования

Все пробы были приготовлены к анализу в соответствии с ГОСТ 30178—96 [2] и Методическими

Таблица 1

Содержание селена и его антагонистов в почве и растениях, мкг/кг

Объект \ Элемент	Se	Pb	Cu	Zn	Cd	As
Почва	10,51	10,18	17,23	0,48	1,98	27,71
Донник белый	11,69	5,58	14,98	0,44	0,12	4,31
Донник лекарственный	17,66	4,55	32,38	0,27	0,33	6,15

Таблица 2

Содержание селена и его антагонистов в меде, мкг/кг

Объект \ Элемент	Se	Pb	Cu	Zn	Cd	As
Мед донниковый	21,84	10,44	12,12	3,21	0,14	16,47
Мед разнотравный	3,32	26,97	21,42	1,39	1,37	25,40

указаниями [3]. Определение содержания селена, свинца, меди, цинка, мышьяка и кадмия в пробах проводилось на атомно-абсорбционном спектрометре КВАНТ-Z.ЭТА с электротермической атомизацией пробы в графитовой печи. В итоге получили результаты, приведенные в табл. 1. Из таблицы видно, что в обоих видах донника наблюдается незначительное накопление селена: в них его несколько больше, чем в почве. Также донники не накапливают в себе свинец, кадмий и мышьяк, что возможно

из-за более высокого содержания в растениях селена. Однако в Доннике белом содержится больше цинка по сравнению с Донником лекарственным, последний же накапливает больше меди.

Содержание селена и его антагонистов в меде приведено в табл. 2. Донниковый мед содержит больше селена и цинка, чем мед разнотравный, но меньше свинца, меди, кадмия и мышьяка.

Из данных табл. 1 видно, что оба вида донника накапливают из почвы селен, который мешает накоплению свинца, кадмия и мышьяка. Донниковый мед содержит больше селена, чем донники (см. табл. 2). Это позволяет предположить цепь биоаккумуляции селена почва—растение—мед.

Список литературы

1. **Биохимия:** Учебник / Под ред. Е. С. Северина. 2-е изд., испр. — М.: ГЭОТАР-МЕД, 2004. — 662 с.
2. **ГОСТ 30178—96** Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов.
3. **Методические указания** по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственной и продукционной растениеводства". — М.: ЦИНАО, 1992.
4. **Продукты, богатые селеном** // Витамины и минералы в нашей жизни. URL: <https://ivitaminy.ru/vitaminy-i-mineraly/mineraly/produkty-bogatye-selenom.html#i-4> (дата обращения 15.06.2019).
5. **David L. Watts.** The Nutritional Relationships of Selenium // Journal of Orthomolecular Medicine. — 1994. — Vol. 9. — No. 2. — P. 111—117.

G. G. Kozlova, Associate Professor, gg.birsk@gmail.com, **A. S. Mikhailova**, Student, **S. A. Onina**, Associate Professor, Birsk Branch of Bashkir State University, **V. G. Kozlov**, Associate Professor, Russian State University for the Humanities, Branch in Domodedovo, Moscow Region

Determination of the Content of Selenium and its Antagonists in a Sweet-clover Honey

In this article the results of studies of the content of Selenium and its antagonists (Cu, Pb, As, Cd, Zn) in the soil samples, in the plants of the family Legumes (Fabaceae) sweet-clover (Melilotus officinalis L.), white sweet-clover (Melilotus albus Medik.), samples of the motley grass honey and the sweet-clover honey. It is shown that both species of sweet-clover absorb selenium from soil, which prevents lead, cadmium and arsenic absorption. A sweet-clover honey absorbs selenium substantially more than a motley grass honey. A sweet-clover honey contains more zinc, but less lead, copper, cadmium and arsenic than a motley grass honey.

Keywords: microelements, soil samples, plant raw materials, honey, selenium, cadmium, zinc, copper, arsenic, lead, heavy metals

References

1. **Биохимия:** Учебник / Под ред. Е. С. Северина. 2-е изд., испр. Moscow: GEOTAR-MED. 2004. 662 p.
2. **ГОСТ 30178—96** Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов.
3. **Методические указания** по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственной и продукционной растениеводства. Moscow: TsINA0, 1992.
4. **Продукты, богатые селеном.** Витамины и минералы в нашей жизни. URL: <https://ivitaminy.ru/vitaminy-i-mineraly/mineraly/produkty-bogatye-selenom.html#i-4> (date of access 15.06.2019).
5. **David L. Watts.** The Nutritional Relationships of Selenium. Journal of Orthomolecular Medicine. 1994. Vol. 9. No. 2. P. 111—117.

УДК 371.72:355.21

С. А. Кузьмин, д-р мед. наук, доц., проф. кафедры, e-mail: kuzmin.sergey.58@yandex.ru,
В. В. Солодовников, канд. мед. наук, доц. кафедры,
О. И. Вовк, канд. мед. наук, доц. кафедры, **Л. К. Григорьева**, ассистент кафедры,
Оренбургский государственный медицинский университет Минздрава России

Состояние здоровья и физической подготовленности призывников как основа системы обеспечения национальной безопасности России

Рассмотрены показатели, характеризующие здоровье лиц призывного возраста, такие как показатели годности к военной службе по состоянию здоровья, физическому развитию, физической подготовленности. Отмечено, что должны учитываться основные мероприятия, проводимые с гражданами призывного возраста в период их подготовки к военной службы.

Ключевые слова: призывник, состояние здоровья, военная служба, физическая подготовленность

В Указе Президента РФ от 12.05.2009 г. № 537 "О стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года" отмечается, что основными силами обеспечения национальной безопасности государства являются Вооруженные силы Российской Федерации (ВС РФ), другие войска, воинские формирования и органы, в которых федеральным законодательством предусмотрена военная служба.

Проблема повышения эффективности комплектования армии и флота физически крепкими и здоровыми военнослужащими в настоящее время является актуальной. Необходимый уровень здоровья военнослужащих — важнейшее условие боеспособности и боеспособности войск. Несмотря на значительное улучшение социально-экономического положения военнослужащих, напряженность военного труда остается высокой (хронический стресс, ненормированный рабочий день, участие в боевой подготовке, локальных военных конфликтах и др.), что вносит свой вклад в особенности формирования различных видов и родов ВС РФ [1].

К гражданам, призываемым на военную службу, предъявляются следующие требования: хорошее состояние здоровья, крепкое физическое развитие и достаточная физическая подготовленность, которых можно добиться систематическими и регулярными занятиями физической культурой и спортом [2].

Публикации по изучению перечисленных показателей у призывников в последнее десятилетие встречаются крайне редко, что обосновывает актуальность и своевременность проведения настоящего исследования.

Цель исследования — провести анализ состояния здоровья и физической подготовленности

призывников Оренбургской области, направляемых для прохождения военной службы в ВС РФ.

Материал и методы исследования. При проведении исследования были использованы и проанализированы учетные и отчетные данные призывных комиссий муниципальных образований Оренбургской области.

Результаты и обсуждение. Рассматривая в качестве основного показателя, характеризующего здоровье граждан призывного возраста, показатель годности к военной службе по состоянию здоровья, был выполнен сравнительный анализ величин данного показателя за семилетний период в Оренбургской области. Было установлено, что в связи с принимаемыми мерами на региональном и муниципальном уровне государственными и общественными организациями по повышению мотивации к прохождению военной службы у молодежи призывного возраста, пропаганде здорового образа жизни, улучшению лечебно-оздоровительной работы, увеличению охвата допризывной и призывной молодежи занятиями физкультурой и спортом за исследуемый период времени произошло значительное увеличение степени годности к военной службе по состоянию здоровья [3].

Было установлено, что, несмотря на некоторые колебания в разные годы показателя годности к военной службе по состоянию здоровья в течение исследуемых семи лет, в Оренбургской области уровень данного показателя в целом по области повысился на 13,32 % (с 63,09 % в 2012 г. до 76,41 % в 2018 г.). При этом призывники с категорией годности к военной службе "А" — годен к военной службе составили в среднем 39,2 %,

а с категорией годности "Б" — годен к военной службе с незначительными ограничениями — 60,8 %.

Служба в ВС РФ предъявляет повышенные требования к уровню физического развития граждан, так как для выполнения воинских обязанностей необходимо иметь соответствующий уровень физической подготовки [4, 5].

На следующем этапе исследования было проведено изучение физического развития призывников. Физическое развитие, наряду с демографическими показателями, а также показателями заболеваемости и инвалидности, представляет собой ведущий критерий здоровья. Процессы физического и полового развития взаимосвязаны между собой и отражают общие закономерности роста и развития человека, но в то же время существенно зависят от социальных, экономических, санитарно-гигиенических и других условий.

При проведении исследования был применен метод случайной выборки, в котором приняло участие 500 призывников, в числе которых было 250 городских жителей и 250 сельских жителей. На основе анализа полученных данных антропометрии (измерение роста и массы тела) был проведен расчет индекса массы тела (ИМТ) — отношение массы тела (кг) к росту (м), возведенному в квадрат. Были получены следующие результаты: недостаточное питание установлено у 6,3 % испытуемых, пониженное питание — у 10,0 %, нормальное питание — у 47,7 %, повышенное питание — у 29,1 %. Кроме того, выявлено ожирение I, II, III степени соответственно у 3,7 %, 2,9 % и 0,3 % призывников.

В ходе проведенного исследования были определены основные параметры тела призывника, характеризующие его физическое развитие: индекс пропорциональности грудной клетки и силовой индекс.

Индекс пропорциональности грудной клетки (индекс Эрисмана) — процентное отношение разности обхвата грудной клетки в паузе между вдохом и выдохом (см) и 1/2 роста (см) среди обследованных граждан призывного возраста оказался следующим: у 61,4 % граждан отмечено хорошее развитие грудной клетки, а 38,6 % призывников были узкогрудыми.

При определении силового индекса — процентного отношения мышечной силы кисти к массе тела — получены следующие результаты: силовой индекс ниже среднего имели 39,4 % граждан призывного возраста, принявших участие в исследовании, средний — 39,4 %, выше среднего — 21,2 % призывников.

На территории области стало доброй традицией в период призывных мероприятий в муниципальных образованиях и административных округах осуществлять проверку физической подготовленности призывников и определять их готовность к службе в армии. Для оценки

полученных результатов использовалось "Наставление по физической подготовке в Вооруженных Силах Российской Федерации". Полученные данные сравнивались с таблицей, предусмотренной для военнослужащих по призыву, прибывших в воинскую часть на ее пополнение [5]. Был проведен контроль следующих показателей физической подготовленности призывников: быстроты, выносливости и силы. Данные показатели были получены по результатам бега на 100 м, кросса на 1000 м и количества раз подтягиваний на перекладине. Использована пятибалльная суммарная оценка полученных результатов. Основная масса участвующих призывников справилась с установленными нормативами с высокими результатами. Согласно данным проверки, средний областной результат физической подготовленности призывников в целом можно оценить на твердую четверку. Следует отметить, что с каждым годом спортивные результаты у призывников возрастают.

Хорошая физическая подготовленность граждан призывного возраста в Оренбургской области не случайна, а результат целенаправленной совместной работы различных структур, принимающих участие в работе с молодежью на муниципальном и региональном уровнях. Самыми активными организациями являются: отделы по физической культуре и спорту и управления образования муниципальных образований, военные комиссариаты, патриотические клубы и объединения.

В Оренбургской области в настоящее время работают 85 детско-юношеских спортивных школ, где занимаются около 62 000 детей и подростков. Более 3000 детей, подростков и молодежи области занимаются в спортивных секциях при ведущих клубах по игровым видам спорта: хоккейный клуб "Южный Урал", баскетбольный клуб "Надежда", клуб настольного тенниса "Факел-Газпром", волейбольный клуб "Оренбуржье", футбольный клуб "Оренбург", футбольный клуб "Носта".

Большое внимание уделено возрождению выполнения комплекса "Готов к труду и обороне" (ГТО). В 2018 г. испытания комплекса ГТО выполнили более 17 000 граждан призывного возраста. Знаки отличия присвоены 8023 участникам соревнований, из них 3237 — получили золотые, 3038 — серебряные, 1748 — бронзовые знаки.

В результате улучшения физической подготовленности призывников у них отмечается значительное улучшение состояния здоровья и, как следствие, повышение степени годности к военной службе.

Выводы. Проводимая в Оренбургской области работа по расширению, укреплению и дальнейшему развитию материально-технической базы спортивно-оздоровительных центров, привлечению все большего числа детей и подростков к регулярным занятиям физкультурой и спортом способствует укреплению и сохранению здоровья



молодежи призывного возраста. Это позволит успешно решать вопросы социальной и экономической стратегии государства, комплектовать ВС РФ здоровым призывным контингентом, укреплять оборонный потенциал России.

Список литературы

1. Кузьмин С. А., Солодовников В. В., Вахитов Э. М. Анализ показателей здоровья допризывной и призывной молодежи Оренбургской области // Известия Самарского научного центра РАН. — 2015. Т. 17. № 5 (2). — С. 490—494.
2. Бадалов О. Ю., Макеева Е. А. Роль физической культуры и спорта в сохранении здоровья подрастающего поколения // Теория и практика оздоровления населения России. Материалы II Национальной научно-практической конференции с международным участием. Ижевск,

- 23—26.05. 2015 г. — ООО "Красногорская типография", 2015. — С. 30—32.
3. Кузьмин С. А., Боев М. В., Солодовников В. В. Роль общественных организаций Оренбургской области в сохранении и укреплении здоровья подростков // Основные аспекты охраны репродуктивного здоровья подростков. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Новосибирск, 17.11. 2017 г. — С. 66—67.
4. Давыдова Т. Е. Результаты оценки показателей физического развития у призывников // Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 90-летию кафедры общественного здоровья и здравоохранения, экономики здравоохранения РНИМУ им. Н. И. Пирогова. — М., 2014. — С. 62—63.
5. Наставление по физической подготовке в Вооруженных Силах Российской Федерации. Утверждено Приказом МО РФ № 200 от 21.04.2009 г. — М.: 12-я центральная типография МО РФ, 2009. — 86 с.

S. A. Kuzmin, Associate Professor, Professor of Department, e-mail: kuzmin.sergey.58@yandex.ru,
V. V. Solodovnikov, Associate Professor, O. I. Vovk, Associate Professor,
L. K. Grigorieva, Assistant, Orenburg State Medical University of Ministry of Health of Russia

Health and Physical Fitness of Conscripts as the Basis of the System of National Security of Russia

In the present work the indicators characterizing health of persons of military age are considered. These include: indicators of fitness for military service for health, physical development, physical fitness, as well as taking into account the main activities carried out with citizens of military age during their preparation for military service. During the seven years studied in the Orenburg region there has been a significant increase in the suitability for military service, which in General for the region increased by 13.32 % (from 63.09 % in 2012 to 76.41 % in 2018). Conscripts with the category of fitness for military service "A" — fit for military service — amounted to an average of 39.2 %, and with the category of fitness "B" — fit for military service with minor restrictions — 60.8 %. Based on the analysis of the obtained anthropometry data, the body mass index was calculated. Were obtained the following results: undernutrition is established at 6.3 % of subjects; low power — 10,0 %; normal diet — 47.7 per cent; increased food — 29,1 %; obesity I, II, III degrees, respectively at 3.7 % and 2.9 % and 0.3 % of the recruits.

There are 85 children's and youth sports schools in the Orenburg region. In 2018, the TRP complex was tested by more than 17 thousand citizens of military age. Insignia has 8023 participants, of whom 3237 — Golden signs, 3038 — silver, 1748 — bronze. As a result of improving the quality of sports and mass work and involving a large number of young people in it, there is a significant increase in the degree of fitness for military service for health reasons.

Keywords: conscript, health status, military service, physical fitness

References

1. Kuzmin S. A., Solodovnikov V. V., Vakhitov E. M. Analysis of indicators of the health of pre-conscription and conscription of young people of the Orenburg region. *Izvestiya Samara scientific center of RAS*. 2015. Vol. 17, No. 5 (2). P. 490—494.
2. Badalov O. Yu., Makeeva E. A. The Role of physical culture and sports in preserving the health of the younger generation. *Theory and practice of health improvement of the population of Russia. Proceedings of the II National scientific-practical conference with international participation*. Izhevsk, 23—26.05.2015. Krasnogorsk printing house LLC, 2015. P. 30—32.

3. Kuzmin S. A., Boev M. V., Solodovnikov V. V. The Role of public organizations of the Orenburg region in the preservation and promotion of adolescent health. *Basic aspects of adolescent reproductive health. Materials of the all-Russian scientific-practical conference*. Novosibirsk, 17.11. 2017. P. 66—67.
4. Davydova T. E. Results of evaluation of physical development indicators of recruits. *Materials of the all-Russian scientific conference with international participation, dedicated to the 90th anniversary of the Department of public health and health, health Economics N. So Pirogov*. Moscow, 2014. P. 62—63.
5. **Manual** on physical training in the Armed Forces of the Russian Federation. Approved by Order of the Ministry of defense № 200 from 21.04.2009. Moscow, 12 Central printing of the Ministry of defense, 2009. 86 p.

УДК 614:378.016

Н. Ю. Цвиленева, канд. техн. наук, доц., e-mail: nina.cvileneva@mail.ru,
Уфимский государственный авиационный технический университет

Измерение опасных и вредных факторов и лабораторное обеспечение подготовки бакалавров по направлению "Техносферная безопасность"

Рассмотрены вопросы проведения лабораторных работ по безопасности жизнедеятельности, проблемы, которые могут возникнуть при проведении занятий в связи с особенностями нормативно-технической документации, качеством оборудования и лабораторных стендов.

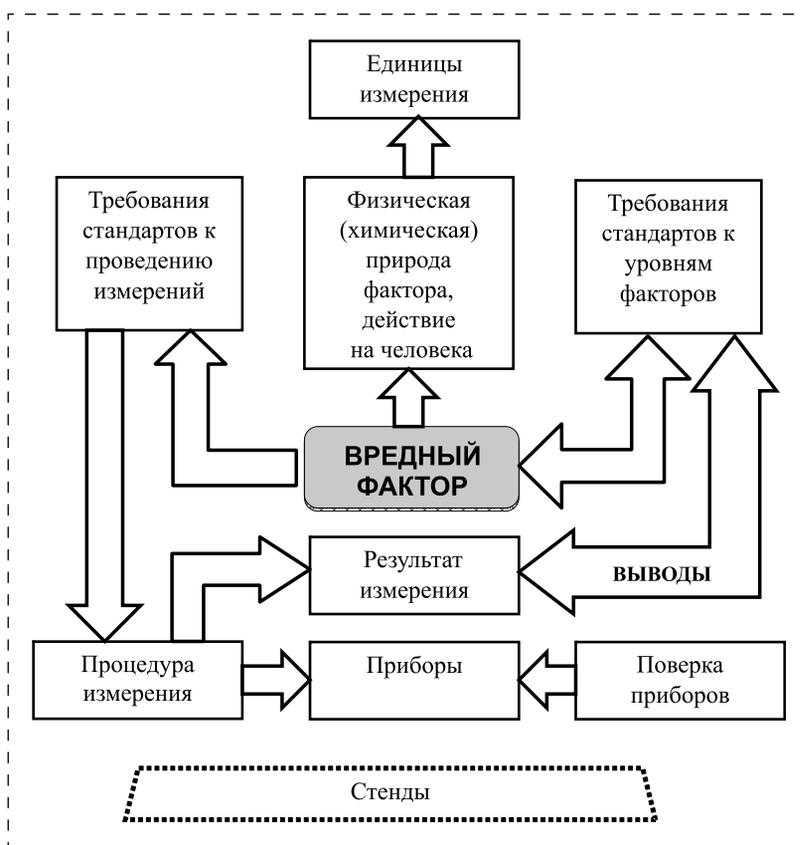
Ключевые слова: опасные и вредные факторы, лабораторная работа, стенды, нормативные документы, техносферная безопасность

Существенную часть лабораторных занятий по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" (БЖД) составляют работы, призванные закрепить знания об опасных и вредных факторах системы "Человек — Среда обитания", параметрах, используемых для их оценки, а также сформировать навыки их измерения и сопоставления с предельно допустимыми уровнями. Последнее особенно важно для обучающихся по направлению "Техносферная безопасность". Эти задачи и призваны решать лабораторные занятия, которые в обязательном порядке присутствуют в учебных планах. И здесь следует отметить ряд проблем, с которыми в большей или в меньшей степени сталкиваются различные вузы.

Эти проблемы касаются и выполнения нормативных требований к проведению измерений, и качества используемых приборов, которые в университетских лабораториях могут не проходить поверку в течение многих лет, и изменений в нормативно-технической документации. Сюда можно добавить также качественный и количественный состав группы, которая приходит на занятие. Занятие эффективно, если количество обучающихся, выполняющих работу, не превышает 12—14 человек. Согласно требованиям к проведению лабораторных занятий, на них приходит не более половины академической группы. Однако, если дисциплина в учебном плане предусмотрена в 1—2 семестрах, численность академической группы

часто превышает 30 человек, к тому же у студентов отсутствует навык проведения лабораторных работ, и занятие иногда приходится проводить в демонстрационном режиме.

Структура типичного лабораторного занятия по БЖД представлена в виде схемы на рисунке. Ниже рассмотрены отдельные составляющие занятия.



Составляющие лабораторного занятия по БЖД



Измерения

Часть измерений при выполнении лабораторных работ по БЖД может быть выполнена непосредственно в лаборатории, где проводятся занятия. Например, измерение освещенности, параметров микроклимата. Другие требуют специальных стендов (электробезопасность, исследование средств защиты от шума и т. п.). В том и в другом случае это требует выполнения соответствующих требований: в первом случае — это проведение измерений в соответствии с требованиями действующих стандартов [1–3], что особенно важно при подготовке специалистов в области техноферной безопасности. Здесь представляется полезным предварительное изучение и обсуждение соответствующих документов на семинарских занятиях. Студенты при этом могут самостоятельно готовиться к занятию, используя Интернет, находить соответствующие документы, проверять их актуальность, анализировать изменения по сравнению с предыдущими версиями стандартов.

Стенды и оборудование

Лабораторные стенды, используемые на занятиях, в большей степени предназначены для изучения самого фактора, методов защиты, их эффективности. Современный рынок предлагает широкий выбор стендов для лабораторных работ по БЖД, покрывающий практически всю тематику дисциплины. Здесь основным требованием является соответствие чувствительности измерительных приборов ожидаемым значениям уровня исследуемого фактора, целесообразность включения в работу средств защиты. Примером не вполне удачного сочетания этих составляющих процесса исследования является стенд БЖ-5м для лабораторной работы "Защита от электромагнитного излучения СВЧ". В характеристиках стенда указан диапазон плотности потока электромагнитного излучения (ППЭ) в изучаемой зоне СВЧ-печи $0...120 \text{ мкВт/см}^2$, в то время как поставляемые бытовые СВЧ-печи, если они исправны, дают плотность потока энергии паразитарного СВЧ-излучения практически вплотную у дверцы от 8 до 12 мкВт/см^2 (при требованиях стандартов к утечке микроволнового излучения не более 10 мкВт/см^2 на расстоянии 50 см) [4], и использование комплекта экранов на минимальном расстоянии 2 см фактически не имеет смысла. Следует вместе с тем отметить, что при выполнении

лабораторной работы в качестве источника СВЧ-излучения на данном стенде с большим успехом могут быть использованы (и используются) мобильные телефоны и смартфоны, работающие в режиме 4G, дающие во много раз более высокие значения ППЭ.

Важно отметить также, что и стенды, и приборы должны обладать высокой надежностью — ведь в течение учебного года через лаборатории проходят несколько сотен студентов ("Безопасность жизнедеятельности" является обязательной дисциплиной для всех направлений бакалавриата и специалитета).

Как сказано выше, на рынке представлены различные лабораторные стенды, а также виртуальные лабораторные практикумы. Как правило, их стоимость довольно высока, и вузам нелегко обеспечить должное оснащение лабораторий. Кроме того, существующая практика закупок бюджетными организациями, вузами в частности, учебного оборудования часто приводит к тому, что желаемое оборудование поступает низкого качества. В пользование поступают неперверенные приборы, часто с дефектами. Например, два люксметра, используемые на занятиях, могут показывать значения, отличающиеся друг от друга на 25...35 %. Это заставляет обращать внимание студентов на то, что в своей профессиональной деятельности они должны пользоваться приборами, подвергающимися регулярной поверке.

Изменения в нормативных документах

Следует отметить, что в настоящее время в связи с приведением отечественных стандартов в соответствие с международными стандартами ISO происходит быстрая смена нормативной документации, что приводит к устареванию информации в учебниках и учебных пособиях. Например, в учебниках по БЖД и лабораторных практикумах указывается уровень звука постоянного шума и уровень эквивалентного уровня звука в единицах измерения дБА, которые подчеркивают тот факт, что измеренные уровни звукового давления в октавных полосах корректируются с помощью характеристики А, учитывающей чувствительность слухового анализатора человека. Эта особенность, как показывает практика, с трудом усваивается студентами. В разных комплектах тестовых заданий ответ на вопрос о единице измерения уровня звука дБ считался неверным. В действующем ГОСТ ISO 9612—2016 [3] это именно децибел, а единица дБА указывается как устаревшая.

Интерпретация результатов

Важную роль играет интерпретация полученных результатов. Обычно студенты заученно пишут выводы согласно приведенной в методических указаниях цели работы ("изучили, приобрели навыки и т. п."). Однако важнейшим результатом лабораторной работы является умение сделать вывод непосредственно по результатам эксперимента, например, по оценке полученных значений уровней исследуемого фактора, эффективности примененных средств защиты, выявленных закономерностей. При сравнении с нормативами должен быть сделан вывод о благоприятной или неблагоприятной среде, классе условий труда по данному фактору, предложены меры по улучшению ситуации.

Однако иногда возникает вопрос: с чем сравнивать полученные значения? Например, если речь идет об измерении напряженностей электрического и магнитного полей на рабочем месте пользователя персонального компьютера, а также ноутбука, то часто наблюдается значительное (в 2–5 раз) превышение норм СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 [5] по электрической составляющей напряженности поля в диапазоне 5 Гц...3 кГц. Но в этот диапазон входит промышленная частота, которая и является основной составляющей электромагнитного излучения от компьютера и ноутбука, поскольку у ноутбука, работающего от аккумулятора, напряженность электрического поля равна нулю [8]. Возникает противоречие между нормами СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 [5] и ПДУ, установленными в действовавших до 14.12.2017 СанПиН 2971–84 [6] для жилых помещений, напряженности электрического поля для населения внутри помещений (500 В/м). В этом случае превышения нет, так как в худшем случае напряженность поля составляет не более 0,3 ПДУ.

В чем-то похожая ситуация возникает при измерении уровня шума. В настоящее время продолжает действовать ГОСТ 12.1.003–83 "ССБТ. Шум. Общие требования безопасности", в котором представлены ПДУ звукового давления и звука для различных видов трудовой деятельности. Но если превышение норматива по остальным факторам производственной среды означает установление класса условий труда 3 (вредный), то в данном случае вредность в соответствии с методикой спецоценки условий труда устанавливается лишь при превышении эквивалентного уровня значения 80 дБ. Таким

образом, в случаях, например, когда превышен предельный спектр 55 (уровень звука 60 дБ), следует, по-видимому, говорить, что в таких условиях, при отсутствии непосредственной опасности для здоровья, будет снижаться внимание, производительность труда, возрастать вероятность ошибочных действий, и мероприятия по снижению шума проводить тем не менее следует.

Рассмотренные аспекты проведения занятий позволяют сделать его проблемно-ориентированным, побудить обучающихся к самостоятельному углубленному изучению темы и подготовить к дальнейшей профессиональной деятельности.

Список литературы

1. **ГОСТ 24940–2016** Здания и сооружения. Методы измерения освещенности. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200140599> (дата обращения 22.06.2019).
2. **МУК 4.3.2756–10** Методические указания по измерению и оценке микроклимата производственных помещений. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200085911> (дата обращения 22.06.2019).
3. **ГОСТ 23337–2014** Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200114242> (дата обращения 22.06.2019).
4. **ГОСТ Р 52161.2.25–2007** (МЭК 60335-2-25:2006) Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов. Часть 2.25. Частные требования для микроволновых печей, включая комбинированные микроволновые печи. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200054054> (дата обращения 29.06.2019).
5. **СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03** Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы (с изменениями на 21 июня 2016 года). 1. Общие положения и область применения. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901865498> (дата обращения 8.02.2018).
6. **СанПиН 2971–84** Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты. URL: <https://www.stroitelstvovosovety.ru/sanpin-2971-84> (дата обращения 25.02.2018).
7. **ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.** URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200291> (дата обращения 22.06.2019).
8. **Цвиленева Н. Ю., Харипов И. И.** Оценка электромагнитного излучения персональных компьютеров и бытовых приборов и нормативная документация: Сборник: "Наука, образование, производство в решении экологических проблем ("Экология–2018"). Материалы Международной научн.-техн. конф., Уфа, 2018. — С. 115–123.



N. Yu. Tsvileneva, Associate Professor, e-mail: nina.cvileneva@mail.ru,
Ufa State Aviation Technical University

Measurement of Hazardous and Dangerous Factors and Laboratory Provision of Bachelor's Degree in the Field of "Technosphere Safety"

In the paper some questions of laboratory work in the discipline Safety of life are considered in context of problems that may arise during classes in connection with the peculiarities of standards, the quality of equipment and laboratory stands. Some national standards include conflicting requirements for the levels of electromagnetic field components in workplaces equipped with personal computers and in rooms for permanent stay of people. On the other hand, training laboratory stands for the study of electromagnetic radiation protection are equipped with household appliances (microwave oven), in which the leakage of microwave radiation is too low to investigate the effectiveness of additional installed protective screens.

Keywords: hazardous and dangerous factors, laboratory work, stands, standards, technosphere safety, microwave radiation, protective screen

References

1. **GOST 24940—2016** Buildings and structures. Methods for measuring the illuminance. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200140599> (date of access 22.06.2019).
2. **MUK 4.3.2756—10** Guidelines for measuring and assessing the microclimate of industrial premises. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200085911> (date of access 22.06.2019).
3. **GOST 23337—2014** Noise. Methods of noise measurement in residential areas and in the rooms of residential, public and community buildings. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200114242> (date of access 22.06.2019).
4. **GOST R 52161.2.25—2007** (IEC 60335-2-25:2006) Household and similar electrical appliances — Safety — Part 2-25: Particular requirements for microwave ovens, including microwave ovens. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200054054> (date of access 29.06.2019).
5. **SanPiN 2.2.2/2.4.1340—03** Hygienic Requirements to Personal Computers and Work Organization. — (with the changes on 21 June 2016). URL: <http://docs.cntd.ru/document/901865498> (date of access 22.04.2019).
6. **SanPiN 2971—84** Sanitary Regulations for the Protection of the Public Against Electrical Fields Generated by Overhead Power Transmission Lines for Power Frequency Alternating Current. URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4294853/4294853864.htm> (date of access 22.04.2019).
7. **GOST 12.1.003—83**. Occupational safety standards system. Noise. General safety requirements. URL: <http://docs.cntd.ru/document/5200291> (date of access 22.06.2019).
8. **Tsvileneva N. Yu., Kharipov I. I.** Estimation of Electromagnetic Radiation of Personal Computers and Household Appliances and Safety Standards. *Science, education, production in solving environmental problems (Ecology—2018). International scientific-and-technical conference.* Ufa, 2018. P. 115—123.

Разделы "Промышленная безопасность", "Пожарная безопасность", "Экологическая безопасность" (первые три статьи), "Мониторинг окружающей среды", "Образование" настоящего номера журнала подготовлены специалистами и учеными Республики Башкортостан

Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

ООО "Издательство "Новые технологии". 107076, Москва, Стромьинский 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 *Н. В. Яшина*

Сдано в набор 02.09.19. Подписано в печать 16.10.19. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ1119. 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 солишнз".

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