



# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

7(139)  
2012

**Редакционный совет:**

АКИМОВ В. А.  
БАЛЫХИН Г. А.  
БЕЛОВ С. В.  
ГРИГОРЬЕВ С. Н.  
ЗАЛИХАНОВ М. Ч.  
(председатель)  
КОТЕЛЬНИКОВ В. С.  
ПАВЛИХИН Г. П.  
СОКОЛОВ Э. М.  
СОРОКИН Ю. Г.  
ТЕТЕРИН И. М.  
ТИШКОВ К. Н.  
УШАКОВ И. Б.  
ФЕДОРОВ М. П.  
ЧЕРЕШНЕВ В. А.  
АНТОНОВ Б. И.  
(директор издательства)

**Главный редактор**  
РУСАК О. Н.

**Зам. главного редактора**  
ПОЧТАРЕВА А. В.

**Ответственный секретарь**  
ПРОНИН И. С.

**Редакционная коллегия:**  
БЕЛИНСКИЙ С. О.  
ИВАНОВ Н. И.  
КАЛЕДИНА Н. О.  
КАЧАНОВ С. А.  
КАЧУРИН Н. М.  
КЛЕЙМЕНОВ А. В.  
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н.  
КСЕНОФОНТОВ Б. С.  
КУКУШКИН Ю. А.  
МАЛАЯ К. Р.  
МАСТРЯКОВ Б. С.  
МИНЬКО В. М.  
ПАНАРИН В. М.  
ПОЛАНДОВ Ю. Х.  
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г.  
ФРИДЛАНД С. В.  
ХАБАРОВА Е. И.  
ШВАРЦБУРГ Л. Э.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

- Захаров С. В., Гойдин С. А., Легусова Д. Н.** Принципы оценки воздействия вредных производственных факторов на водителей автомобильного транспорта . . . . . 2
- Смоликов А. А., Павленко В. И., Кирияк И. И., Солоха А. С.** Особо тяжелый радиационно-защитный железо-магнетито-серпентиновый цементный нанобетон . . . . . 6
- Стыро Д. Б., Поздняков Д. И.** О прогностической связи хода потока жесткого космического излучения и всплесков сердечно-сосудистых заболеваний в г. Вильнюсе во время минимума солнечной активности. . . . . 12
- Доценко В. А., Мосийчук Л. В.** Качество, безопасность и диетическая эффективность использования кисломолочного продукта "Витафлор" при дисбактериозе лиц с избыточной массой тела и ожирением. . . . . 17

### ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Анисимов Н. А., Камынов Ш. В., Рылов М. И., Соколовская О. В.** Установление категории потенциальной опасности радиационных объектов. . . . . 21

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Алексеев Е. В.** Соли жесткости в сточных водах — загрязняющие вещества или реагенты для их очистки . . . . . 26
- Завальцева О. А., Свегухин В. В., Вострецов Д. Я., Ильин К. И., Коновалова Л. В.** Использование микроволновых технологий для подготовки радиационно-загрязненного грунта к приповерхностному захоронению. . . . . 31
- Конесев С. Г., Хлюпин П. А.** Экологичные нагревательные системы для объектов транспорта и хранения вязкой нефти . . . . . 35
- Свинцов А. П., Гусаков С. В., Рыбаков Ю. П., Николенко Ю. В., Мешков В. В.** Защита водных ресурсов от загрязнения навозом свиноводческих ферм . . . . . 43

### ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

- Алексеев С. В., Гимранов Ф. М., Алексеев В. А.** Оценка последствий возможных аварий на магистральных нефтепроводах . . . . . 48

### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

- Алборов И. Д., Тедеева Ф. Г.** Экозависимость проживающих в зоне деятельности горно-металлургической промышленности . . . . . 50

### СТАНДАРТИЗАЦИЯ

- О новом национальном стандарте РФ "Взрывоопасные среды. Часть 17. Проверка и техническое обслуживание электроустановок" . . . . . 53**

**Приложение. История** развития и становления Уральского государственного университета путей сообщения и кафедры "Техносферная безопасность".  
Образовательная и научная деятельность

Журнал входит в Перечень ведущих и рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, и включен в систему Российского индекса научного цитирования.

УДК 331.45

**С. В. Захаров**, канд. техн. наук, доц., зам. директора Технопарка Национального исследовательского Иркутского государственного технического университета,  
**С. А. Гойдин**, асп., **Д. Н. Легусова**, асп. Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет  
E-mail: Ser1980@list.ru

## Принципы оценки воздействия вредных производственных факторов на водителей автомобильного транспорта

*Представлен авторский подход к принципам измерения и оценки вредных производственных факторов, оказывающих влияние на здоровье водителей автомобилей. Методом статистической обработки имеющихся данных авторами были выявлены факторы, которые могут быть позиционированы как "вредные" конкретно для водителей автомобильного подвижного состава и предложено дальнейшее детальное изучение этих факторов. Представлен авторский способ оценки времени воздействия производственного шума и вибрации на водителей автомобилей.*

**Ключевые слова:** охрана труда, транспорт, шум, вибрация, водитель автомобиля, условия труда водителя, вредные факторы, воздействующие на водителя автомобиля, автомобильный транспорт, нормирование времени воздействия вредных факторов

**Zaharov S. V., Goidin S. A., Legusova D. N.**  
*Principles of the estimation of influence of the harmful industrial factors on drivers of motor transport*

*The author's approach to principles of measurement and an estimation harmful factors influencing health of drivers of cars is presented. Statistic processings available given by authors have been revealed by a method factors which can be positioned as "harmful" particularly for drivers of an automobile rolling stock and the further detailed studying of these factors is offered. The author's way of an estimation of time of influence of industrial noise and vibration on drivers of cars is presented.*

**Keywords:** a labor safety, transport, noise, vibration, the driver of the car, working conditions drive-telja, the harmful factors influencing the driver of the car, motor transport, normirovaniye time of influence of harmful factors

Труд водителя автомобиля осуществляется в условиях наличия ряда вредных факторов, которые учитываются при проведении аттестации рабочих мест по условиям труда. В перечень этих факторов входят: повышенный уровень шума, вибрация (как локальная, передающаяся от рулевого колеса и рычагов управления к рукам водителя, так и общая — передающаяся через кресло водителя), напряженность труда, связанная с риском дорожно-транспортных происшествий, тяжесть труда, связанная с неудобной и фиксированной рабочей позой, запыленность, загазованность и микроклимат внутри кабины автомобиля. Достаточно полный перечень вредных факторов, подлежащих измерению и оценке на рабочем месте водителя автомобиля, приведен в "Методических рекомендациях по проведению аттестации рабочих мест по условиям труда водителей автомобильного транспорта" [1], которые в связи с периодическим обновлением базы нормативных документов, нуждаются в периодической актуализации и переиздании. В таблице приведены требования к рабочему месту водителя автомобиля, находящегося в кабине.

Для анализа и последующей окончательной оценки вредного воздействия того или иного фактора необходимо учесть время его воздействия. Так, к примеру, замеры непостоянного шума на рабочем месте могут быть 82 дБА, в то время как норма 80 дБА (при средней физической нагрузке и легкой степени напряженности труда), но условия труда при этом могут быть оценены как допустимые (класса 2), если время воздействия шума будет не 8 ч, а например, 7 ч. Это происходит ввиду того, что действующая методика оценки заставляет учитывать поправку в соответствии с табл. П 11.3 руководства [3]. Отметим, что в соответствии с этим же руководством поправка может достигать 20 дБА в зависимости от времени воздействия. Таким образом, в случае неверной оценки будет неверно



произведен и расчет доплат работнику за вредность (если она имеется).

В условиях современной экономической ситуации, особенно, если таких рабочих мест на предприятии не одна сотня, ошибка должна быть исключена — необоснованное назначение доплат может привести к перерасходу бюджета, снижению прибыли, а необоснованное их занижение, несомненно, является нарушением трудового законодательства. Итак, в связи с этим существующим "фактором времени" во многих регионах РФ местные территориальные органы, ответственные за надзор и контроль в сфере охраны труда, рекомендовали использовать хронометражные наблюдения в течение 3...5 рабочих смен, а некоторые методики предлагали проводить такие наблюдения в течение не менее одной недели (см. например, руководство [3]). Но для проведения таких крупномасштабных хронометражных наблюдений требуется, во-первых, много времени (при небольшом количестве наблюдающих); во-вторых, сотрудники, проводящие хронометраж водителей автомобилей,

несомненно, затрудняют технологический процесс (так как находятся непосредственно в кабине с водителем); в-третьих, даже для проведения хронометража одного работника требуется не менее 24 ч (3 смены × 8 ч × 1 наблюдатель = 24 ч). При средней стоимости 1 ч работы наблюдателя 100 руб., стоимость собственно хронометражных наблюдений составит 2400 руб. за одно рабочее место. Таким образом, хронометраж является для предприятий довольно затратной процедурой, и встает вопрос о целесообразности его применения. Выходом из положения может быть решение двух вопросов:

1) определение перечня вредных факторов, оценку времени воздействия которых следует провести на рабочем месте водителя автомобиля;

2) как максимально упростить, механизировать, автоматизировать, и, в конечном итоге, удешевить процедуру оценки времени воздействия вредного фактора, но при этом точно оценить это время. Ниже рассмотрены предложенные авторами ответы на эти вопросы.

#### Требования по охране труда к рабочему месту водителя автомобиля (непосредственно в кабине)

№	Требования к рабочему месту	Наименование нормативного документа, содержащего требования
1	Система принудительной вентиляции должна обеспечивать приток свежего (наружного) воздуха в кабину из расчета на одного человека не менее 30 м <sup>3</sup> /ч. При температурах внешней среды выше 17 °С подаваемый в кабину воздух не должен нагреваться более чем на 2 °С относительно температуры внешней среды. Скорости воздушных потоков на выходе из системы вентиляции не должны превышать 12 м/с. Система вентиляции должна обеспечивать: 1) подвижность воздуха в кабине в зоне головы и пояса водителя 0,5...1,5 м/с; 2) перепад между температурой наружного воздуха и температурой в кабине в зоне головы водителя при температуре окружающего воздуха 25 °С не должен превышать 3 °С	ГОСТ Р 50993—96 Автотранспортные средства. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Требования к эффективности и безопасности, пп. 5.2.1—5.2.3; ГОСТ Р 50866—96 Автотранспортные средства. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Методы оценки эффективности и безопасности
2	Отопительные устройства кабины в холодное время должны быть исправны	ПОТ РО 200-01—95 Правила по охране труда на автомобильном транспорте [2]
3	Система отопления должна обеспечивать тепловые условия (микроклимат) в кабине	ГОСТ Р 50993—96, п. 5.3.4; ГОСТ Р 50866—96
4	Температура внутренних поверхностей кабины, нагреваемых источниками теплоты, не должна превышать 45 °С при работающей системе отопления; 35 °С — при отключенной системе отопления	ГОСТ Р 50993—96, п. 5.3.4; ГОСТ Р 50866—96
5	Конструкция системы кондиционирования должна исключать возможность охлаждения воздуха в зоне головы человека более чем на 8 °С относительно температуры внешней среды. Скорость воздушного потока на выходе из системы кондиционирования не должна превышать 12 м/с, а температура воздуха должна быть не ниже 0 °С. Скорость движения воздуха в зоне головы водителя при работе системы кондиционирования не должна превышать 0,5 м/с. Относительная влажность воздуха в кабине должна находиться в пределах от 30 до 60 %. Температура наружных поверхностей воздухопроводов для холодного воздуха должна быть не менее 15 °С	ГОСТ Р 50993—96, п. 5.4; ГОСТ Р 50866—96



Окончание таблицы

№	Требования к рабочему месту	Наименование нормативного документа, содержащего требования
6	Содержание вредных веществ в воздухе кабины не должно превышать: 1) если двигатель автомобиля с искровым зажиганием, работающий на бензине и (или) сжиженном нефтяном газе: оксид углерода (CO) — 5 мг/м <sup>3</sup> ; диоксид азота (NO <sub>2</sub> ) — 0,085 мг/м <sup>3</sup> ; оксид азота (NO) — 0,4 мг/м <sup>3</sup> ; предельно алифатические углеводороды (C2—C10) — 50 мг/м <sup>3</sup> ; 2) если двигатель с воспламенением от сжатия (дизели и газодизели): оксид углерода (CO) — 5 мг/м <sup>3</sup> ; диоксид азота (NO <sub>2</sub> ) — 0,085 мг/м <sup>3</sup> ; оксид азота (NO) — 0,4 мг/м <sup>3</sup> ; формальдегид (CH <sub>2</sub> O) — 0,035 мг/м <sup>3</sup> ; 3) если двигатель автомобиля с искровым зажиганием, работающий на сжатом природном газе: оксид углерода (CO) — 5 мг/м <sup>3</sup> ; диоксид азота (NO <sub>2</sub> ) — 0,085 мг/м <sup>3</sup> ; оксид азота (NO) — 0,4 мг/м <sup>3</sup> ; метан (CH <sub>4</sub> ) — 50 мг/м <sup>3</sup>	ГОСТ Р 51206—2004 Автотранспортные средства. Содержание загрязняющих веществ в воздухе пассажирского помещения и кабины. Нормы и методы испытаний
7	Уровни звукового давления не должны превышать допустимых величин	ГОСТ 12.1.003—83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности; СН 2.2.4/2.1.8.562—96 Санитарные нормы. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Издание официальное. М., Информационно-издательский центр Минздрава России. 1997
8	Уровни вибрации не должны превышать допустимых величин	СН 2.2.4/2.1.8.566—96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий; ГОСТ 12.1.012—90 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования
9	Освещение в кабине должно составлять не менее 10 лк на уровне щитка приборов. Освещенность шкалы приборов должна быть не менее 1,2 лк	СП № 4616—88 Санитарные правила по гигиене труда водителей автомобилей, пп. 4.1, 4.2

На протяжении последних десяти лет авторы проводили анализ условий труда на предприятиях Иркутской области, в том числе в сфере организации автомобильных перевозок. В генеральную совокупность проанализированных данных вошли 500 рабочих мест различных предприятий, специализирующихся на грузовых автомобильных перевозках и порядка 200 рабочих мест водителей автомобилей прочих предприятий. Предприятия, рабочие места которых были выбраны для анализа, юридически и фактически расположены в городах: Иркутск, Северобайкальск, Братск, Вихоревка, Железногорск, Улан-Удэ, Нижнеудинск, Тайшет. Различная территориальная расположенность, независимость в организации работы на этих предприятиях, позволяют сделать предположение о независимости результатов анализа при оценке условий труда на рабочих местах этих предприятий. В действительности, результаты измерений и оце-

нок вредных и опасных факторов на рабочих местах водителей аналогичных автомобилей на предприятиях, географически удаленных друг от друга, отличаются не более чем на 5 %.

Парк автомобилей, которые эксплуатируются в настоящее время автотранспортными предприятиями, довольно разнообразен. Часть этого парка представлена современными моделями, такими как ГАЗ 3308, МАЗ 64229, КАМАЗ 5320, другие модели более старого года выпуска — ГАЗ 66, УРАЛ 5557, ЗИЛ 130 также эксплуатируются. Проанализированы условия труда водителей всех типов грузовых автомобилей, эксплуатируемых на автотранспортных предприятиях Иркутской области.

Ниже приведены графики распределения проанализированных рабочих мест по классам условий труда по некоторым факторам (рис. 1, 2), измеряемым на рабочих местах водителей грузовых автомобилей в соответствии с общепринятой клас-

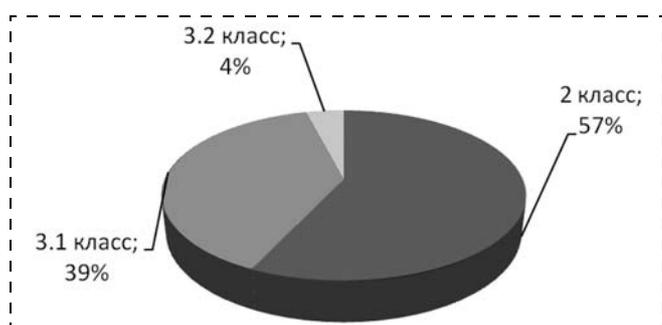


Рис. 1. Распределение рабочих мест водителей грузовых автомобилей по фактору общей вибрации по классам условий труда (по данным за 2001–2011 гг.)

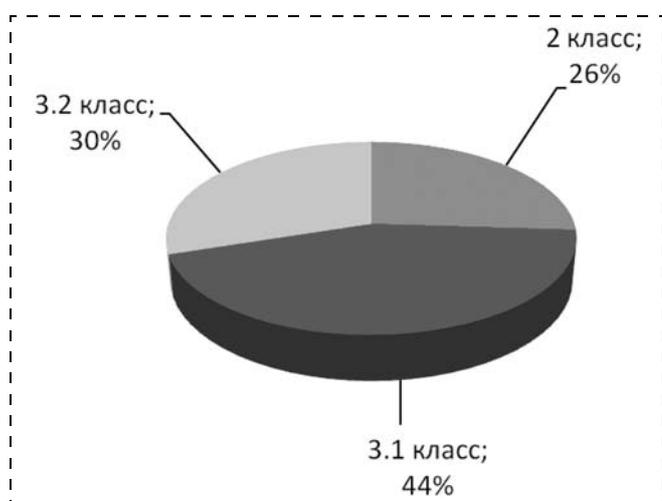


Рис. 2. Распределение рабочих мест водителей грузовых автомобилей по фактору непостоянного шума по классам условий труда (по данным за 2001–2011 гг.)

сификацией (1 класс — оптимальные условия труда, 2 класс — допустимые, классы 3.1, 3.2, 3.3 — вредные условия труда 1-й, 2-й и 3-й степени вредности соответственно).

Из приведенных на рис. 1, 2 диаграмм видно, что значительная часть работников, занятых на грузовых перевозках, подвержены воздействию вредных факторов — непостоянного шума (74 %) и общей вибрации (43 %). В соответствии с существующими Правилами [2], были проведены измерения и оценка и других факторов на рассматриваемых рабочих местах, которая показала лишь единичные случаи несоответствия нормативным требованиям: так, превышение уровня локальной вибрации наблюдалось не более, чем на 5 % исследуемых рабочих мест, химических факторов — не более, чем на 3 %, микроклимата — не более, чем на 3 % при условиях измерения, предписанных существующими Правилами [2].

Следует заметить, что труд водителя является вредным и может оцениваться классом 3.1 (вредный 1-й степени) и по показателю "тяжесть труда",

поскольку водитель периодически пребывает в фиксированной рабочей позе до 50 % времени смены (а иногда и более), а в соответствии с существующей методикой, тяжесть труда такого работника оценивается по худшему показателю.

Среди экспертов нет единого мнения — насколько поза водителя грузового автомобиля является фиксированной. Авторы данной статьи полагают, что поза является таковой, потому что понятие "фиксированная поза" подразумевает невозможность изменения положения тела (водитель не может покинуть кресло во время движения) и невозможность изменения положения частей тела относительно друг друга (руки водителя находятся на рулевом колесе, ноги, соответственно, на педалях).

Таким образом, можно ответить на первый из поставленных вопросов, относительно выбора факторов, являющихся для водителей автомобилей действительно вредными и требующими дальнейшего исследования в части уточнения времени их воздействия на организм работников. Этими факторами являются общая транспортная вибрация, непостоянный, колеблющийся во времени шум и тяжесть трудового процесса.

Теперь, зная какие вредные факторы воздействуют на водителей автомобильного подвижного состава, можно решать задачу об упрощении, механизации и удешевлении процедур измерения и оценки воздействия вредных факторов. Предлагается использовать техническое устройство, которое позволяет отследить время воздействия вышеобозначенных вредных факторов на водителя автомобиля. Для этого используется принцип хронометрирования электронным таймером, который расположен в специальном устройстве, находящемся во взаимодействии с педалью акселератора автомобиля (педалью газа), и включающем отсчет таймером всякий раз, когда нажата педаль. Действительно, такие факторы как повышенный шум и вибрация имеют место лишь при движении автомобиля.

Накопленная таким образом информация о времени нахождения автомобиля в движении за 3, а при необходимости за 5 и более рабочих смен водителя снимается с устройства, далее проводится ее сопоставление с измеренными уровнями вредных факторов. Отметим, что и время нахождения водителя в неудобной рабочей позе также фиксируется этим устройством. Время, когда нажата педаль газа, является и временем фиксации рук водителя на рулевом колесе с невозможностью сменить его положения, что является, согласно определению гигиенических критериев [3], фиксированной рабочей позой. Разработанное устройство имеет правовую охрану в соответствии с Законодательством РФ.



Таким образом, в заключение можно сделать следующие выводы.

1. При оценке уровня воздействия вредных производственных факторов на водителей автомобильного транспорта, особое внимание следует уделять общей транспортной вибрации, непостоянному колеблющемуся во времени шуму, тяжести трудового процесса.

2. При определении времени воздействия вредных факторов на водителей автомобилей целесообразно использовать технические устройства с функцией хронометров, которые находились бы в конструктивном взаимодействии с механическими частями автомобиля и отслеживали бы режимы его эксплуатации.

#### Список литературы

1. **Методические рекомендации** по проведению аттестации рабочих мест по условиям труда водителей автомобильного транспорта. Министерство транспорта РФ. 21.12.2001 г. Утв. руководителем департамента автомобильного транспорта Минтранса России.
2. **Правила** по охране труда на автомобильном транспорте. ПОТ РО 200-01—95. Утв. приказом Минтранса РФ от 13 декабря 1995 г. № 106.
3. **Руководство Р 2.2.2006—05** Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (утв. Главным государственным санитарным врачом России 29.07.05).

УДК 666.97:539.16-022.532

**А. А. Смоликов**, канд. техн. наук, доц., ст. науч. сотр., **В. И. Павленко**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, директор института строительного материаловедения и техносферной безопасности, **И. И. Кирияк**, инж., асп., **А. С. Солоха**, асп., Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова  
E-mail: smolikov@bsu.edu.ru

## Особо тяжелый радиационно-защитный железом-магнетито-серпентиновый цементный нанобетон

*Описаны радиационно-защитные свойства нового более эффективного особо тяжелого наноармированного композиционного радиационно-защитного железом-магнетито-серпентинового цементного (ЖМСЦ) нанобетона, который по основным эксплуатационным и экономическим показателям превосходит ранее выпускавшийся порошковый железом-барий-серпентиновый цементный (ЖБСЦ) бетон, разработанный для биологической защиты персонала ядерных реакторов большой мощности атомных электростанций.*

**Ключевые слова:** атомные электростанции, обеспечение безопасности труда, особо тяжелый бетон биологической защиты персонала от радиации ядерных реакторов на быстрых нейтронах, защитные свойства

**Smolikov A. A., Pavlenko V. I., Kirijak I. I., Solokha A. S. Super heavy radio protective ferro-magnetite-serpentine cement nano concrete**

*There are described radio protective properties of new more effective super heavy nano reinforcement the compositional radio protective of ferro-magnetite-serpentine cement concrete, the basic performance criteria*

*of which (including engineering-and-economical performance), surpass those of the earlier produced powder's ferro-barium-serpentine cement's concrete, designed for biological protective of personal of high power nuclear reactors in atomic stations.*

**Keywords:** nuclear electric stations, guaranteeing safety of work, super heavy concrete for biological protection a personal of quick reactors against radiation, protective properties

#### Введение

Создание безопасных (в первую очередь радиационно-безопасных), комфортных условий труда обслуживающего персонала реакторов атомных электростанций (АЭС) является важнейшей задачей ядерной энергетики.

Атомная промышленность — это, прежде всего, высокие требования к качеству материалов, которое невозможно обеспечить без максимально надежных технологий высокого уровня. Атомные электростанции (АЭС) относятся к потенциально опасным производствам и технологиям, а ядерные реакторы, которыми оснащены АЭС, — к опасным



техническим системам. Жесткие нормы по обеспечению промышленной безопасности и охране труда на АЭС предъявляют особые требования к материалам биологической защиты реакторов по созданию благоприятной среды для профессиональной деятельности обслуживающего персонала. Для обеспечения безопасности труда на АЭС разрабатываются специальные методы и средства защиты обслуживающего персонала, к которым в первую очередь относится противорадиационная биологическая защита всех источников радиоактивного излучения. Обычно радиационно-защитным слоем окружается активная зона реактора и вся система технологического оборудования, являющаяся источником ионизирующего излучения (контуры с теплоносителем, хранилища отработанных теплоделяющих элементов — ТВЭлов и др.). Основное назначение биологической защиты реактора — замедление быстрых нейтронов и поглощение замедлившихся и медленных нейтронов, а также поглощение всех видов  $\gamma$ -излучения для обеспечения безопасных условий работы обслуживающего персонала и исследователей, занятых экспериментами на установке, их ближайшего и отдаленного потомства и человечества в целом. Организационные мероприятия по радиационной защите включают ограничение эквивалентной дозы, получаемой профессиональными работниками, значением 50 мЗв в год [1].

### **1. Основные требования к материалам биологической защиты ядерных реакторов (Базовые теоретические основы создания композиционных материалов с высокими радиационно-защитными характеристиками)**

При проектировании биологической защиты радиационно опасных источников учитывают энергетический спектр, угловое и пространственное распределение излучения, геометрию источника (точечный, протяженный, объемный); соответственно выбирают конструкцию защиты (геометрию, состав защитного материала, толщину его слоя и т. д.). Многие из требований к материалам биологической защиты — противоречивы. Высокоэффективный материал биологической защиты реактора должен иметь в своем составе легкие, желательны водородсодержащие вещества, и тяжелые элементы. Все эти вещества могут быть применены в защите в виде чередующихся слоев, но лучше в виде равномерной смеси. В природе нет материалов, удовлетворяющих сразу всем требованиям. Поглощающая способность излучений различного вида и энергий у различных материалов различна, следовательно, создание высокоэффективной биологической защиты возможно только при при-

менении комбинации соответствующих высокоэффективных поглотителей ионизирующих излучений. Так, при применении в защите материала с высокой плотностью трудно обеспечить высокое содержание в защите легких элементов, особенно водорода.

Применение водородсодержащих материалов не обеспечивает эффективного ослабления потоков  $\gamma$ -квантов и т. д. Обычно  $\gamma$ -излучение чаще, чем нейтроны, определяет необходимую толщину биологической защиты реактора. Задача проектировщиков состоит в правильном научно и экономически обоснованном выборе состава и толщины этой защиты, которая могла бы обеспечить ослабление потоков ионизирующих излучений до безопасного уровня при минимальных затратах на сооружение реакторной установки. Всем перечисленным выше требованиям в качестве материала биологической защиты ядерных реакторов в значительной степени удовлетворяют бетоны, представляющие собой довольно равномерную смесь из элементов с различными массовыми числами, которые нашли широкое применение [2] благодаря невысокой стоимости, хорошим защитным и технологическим свойствам и имеют два больших преимущества:

- 1) его можно уложить в любую требуемую форму;
- 2) путем подбора состава его защитные свойства можно изменять в довольно широких пределах в зависимости от предъявляемых требований. Объемная масса бетона биологической защиты, определяемая видом применяемого заполнителя, может изменяться от 2200 до 6500 кг/м<sup>3</sup>.

**Ослабление потоков  $\gamma$ -квантов и быстрых нейтронов** происходит в результате взаимодействий с электронами атомов или ядрами материала защиты. Поэтому для эффективного ослабления потоков нейтронов в состав защиты должны входить материалы с высокой плотностью и большим атомным номером, которые вводятся как в виде тяжелого (баритового) цемента, так и в виде руд (магнетита, гематита, барита и др.) и/или в виде металлических заполнителей. Обычно применяют сравнительно недорогое железо (сталь, чугун), которое обладает высокими защитными свойствами не только по отношению к  $\gamma$ -излучению, но и по отношению к быстрым нейтронам, поскольку оно имеет большое сечение неупругого рассеяния быстрых нейтронов. После замедления нейтронов до тепловых энергий они с большой вероятностью поглощаются как ядрами водорода, так и ядрами средних и тяжелых элементов.

**Наиболее эффективным замедлителем тепловых нейтронов** является водород, так как уменьшение энергии нейтронов в результате одного столкнове-



ния обратно пропорционально массе сталкивающихся частиц. Водород содержится во многих соединениях, наиболее доступное из которых — вода. Вода легко испаряется, что затрудняет ее применение в высокотемпературных защитах. Для биологической защиты ядерных энергетических установок нужен бетон, содержащий большое количество структурной (химически связанной в структуре минералов) воды, не удаляемой при высокой температуре эксплуатации в течение длительного периода времени. Обеспечение в составе бетона биологической защиты необходимой концентрации воды является серьезной трудностью ее применения, поэтому этот вопрос заслуживает специального обсуждения.

### **1.1. Влияние концентрации воды в бетоне на его нейтронозащитные свойства**

Количество воды в бетоне несущественно влияет на ослабление потоков быстрых нейтронов, но сильно влияет на ослабление потоков нейтронов промежуточных энергий. При снижении концентрации воды возрастают длины замедления и диффузии нейтронов, а следствием этого является и увеличение дозового фактора накопления нейтронов. Потеря воды при эксплуатации наиболее опасна для особо тяжелых бетонов с железосодержащим наполнителем, так как это может привести к очень большому накоплению промежуточных нейтронов в толстой бетонной защите, и защита сама станет источником ионизирующих излучений.

Избыточная вода в бетоне, химически не связанная цементом, при нагревании бетона более 100 °С начинает удаляться. При температурах 300...400 °С цементным камнем теряется ~2/3 структурной воды. Для сохранения в процессе эксплуатации воды в бетоне биологической защиты на требуемом уровне можно применять специальные системы охлаждения, но проще и дешевле использовать в качестве защиты специальный бетон, содержащий "высокотемпературную" воду в составе наполнителей (в виде щебня) и наполнителей (порошковые) в химически связанном виде.

### **1.2. Выбор компонентов бетонов биологической защиты ядерных реакторов**

Заполнители и наполнители бетонов биологической защиты не должны содержать агрессивные элементы, должны быть доступны в больших количествах, содержать  $\geq 9$  масс. % структурной высокотемпературной (неудаляющейся до 300 °С) воды. К основным применяемым минералам и породам можно отнести ашарит, гидроборцит, пандермит, колеманит, брусит, серпентин, каолинит, пиррофилит, пеннин, дунит, талькохлорит, талькомагнезит.

Минералы ашарит, гидроборцит, пандермит и колеманит, кроме связанной воды, содержат бор, эффективно поглощающий тепловые нейтроны [3]. При определении пригодности того или иного природного материала для применения в качестве заполнителя, кроме требования содержать определенное количество связанной воды учитывается распространенность и доступность материала. Из перечисленных минералов на сегодняшний день наиболее оптимальны по технико-экономическим показателям широко распространенные минералы группы серпентина, запасы которых в нашей стране практически неисчерпаемы. Группа серпентина включает три минерала: антигорит, лизардит, и волонитовую разновидность — хризотил. Они отличаются только строением кристаллической решетки, имеют одинаковый химический состав и содержат 12...14 масс. % высокотемпературной структурной воды. В этих минералах вода длительно сохраняется при температурах до 450 °С.

Исходя из вышесказанного, недорогой, но эффективный бетон для биологической защиты реакторов на быстрых нейтронах должен содержать в своем составе: для замедления быстрых нейтронов и поглощения  $\gamma$ -квантов — железо, для поглощения замедленных тепловых нейтронов — наполнитель с высокотемпературной структурной водой (обычно серпентин в виде полиморфной пластинчатой разновидности — лизардита), вяжущее и технологические добавки, обеспечивающие требуемое техническим заданием качество.

## **2. Характеристика особо тяжелого бетона биологической защиты ядерных реакторов на быстрых нейтронах**

Серпентиновые бетоны нашли широкое применение в высокотемпературной биологической защите ядерных реакторов многих АЭС мира. При введении в них железа для повышения защитных свойств получают особо тяжелые железо-серпентиновые бетоны плотностью более 2500 кг/м<sup>3</sup>, обладающие повышенными защитными свойствами по всему спектру реакторного излучения и сохраняющие работоспособность при высоких температурах (до 450 °С) без специального охлаждения [3].

В нашей стране, как и в зарубежных странах, для биологической защиты ядерных реакторов на быстрых нейтронах широко применялся порошковый железо-барий-серпентиновый цементный (ЖБСЦ) бетон с пределом прочности при сжатии  $>20$  МПа, плотностью  $3800 \pm 100$  кг/м<sup>3</sup>, содержащий ~1 масс. % структурной воды при температуре эксплуатации до 300 °С, с тяжелым наполнителем (чугунный порошок), в котором в качестве вяжущего использовался тяжелый бариевый цемент,



производимый из барита, а в качестве наполнителя с высокотемпературной структурной водой — пороодообразующий серпентин.

Технологии изготовления ЖБСЦ бетона имеют следующие недостатки:

— большая энергоемкость технологии, заключающаяся в необходимости производства бариевого клинкера и чугунного порошка;

— сложности изготовления тяжелого наполнителя, изготавливаемого помолом чугунной стружки с последующей высокотемпературной термообработкой полученного чугунного порошка;

— появление усадочных трещин в блоках в процессе их сушки и эксплуатации.

### 3. Постановка проблемы создания нового бетона

После аварии на Чернобыльской АЭС Минатом временно прекратил строительство блоков АЭС с реактором РБМК. Заявок на поставку смесей для ЖБСЦ бетона не стало, а завод по их производству обанкротился и был ликвидирован. С ликвидацией экологически безвредного производства бариевого цемента выпуск смесей для ЖБСЦ бетона в дальнейшем стал невозможен. Для осуществления ремонта вышедших из строя блоков биологической защиты встал вопрос о разработке нового состава бетона биологической защиты реакторов плотностью  $4000 \pm 100 \text{ кг/м}^3$ , с остальными показателями не ниже, чем у ЖБСЦ бетона.

Как ясно из вышесказанного, данная работа стимулирована прикладной задачей разработки состава нового бетона.

**Цель работы:** разработка максимально простой технологии производства особо тяжелого радиационно-защитного бетона для биологической защиты персонала атомных электростанций от широкого спектра радиоактивных излучений реакторов на быстрых нейтронах с применением типового оборудования заводов железо-бетонных изделий (ЖБИ).

После тщательного анализа состава прототипа (ЖБСЦ бетона) на предмет использования его компонентов по технологическому и функциональному назначению, предложено бариевый цемент заменить недефицитным портландцементом общестроительного назначения (ПЦ 500 Д0 ГОСТ 10178—85), а вместо серпентинового минерала пластинчатой морфологии — лизардита использовать другой серпентиновый минерал — волокнистый хризотил (того же химического состава). Для обеспечения высокой технологичности композиционных смесей разработаны способы получения нанодисперсного хризотила с заданными свойствами. Разработанная технология [4] позволяет получать нано-

наполнитель в виде трубчатых волокон длиной 50...100 мкм, с внешним диаметром — 30...35 нм.

#### **Основные технологические свойства хризотила.**

Армирование матрицы композиционных материалов нановолокнами хризотила снижает дефекты формирования структуры и существенно повышает прочность изделий. Это объясняется тем, что предел прочности на разрыв недеформированного агрегата (неповрежденного пучка) волокон хризотила (из жилы в материнской горной породе) достигает 3000 МПа, а товарного частично распущенного, т. е. деформированного — 200...500 МПа, что и является причиной высокой армирующей способности хризотилом композиционных материалов различного состава. Прочность при растяжении в направлении, перпендикулярном длине деформированного пучка волокон, значительно меньше: среднее значение предела прочности при сдвиге ~2 МПа, что примерно в 1000 раз меньше предела прочности при растяжении недеформированного агрегата волокон. Это и предоставляет потребителю возможность дефибриллировать товарный хризотил до требуемой степени распушки. В производстве композиционных материалов применяют различные способы диспергирования хризотила. При сухом диспергировании не удается добиться полной распушки агрегатов до отдельных элементарных волокон, зато это несложно сделать в жидкости в коллоидных мельницах различной конструкции.

На основании апробации различных методов диспергирования пучков хризотила до элементарных волокон, установлено, что для каждого вида хризотила должен экспериментально подбираться оптимальный режим распушки. На заводах, применяющих хризотил, получают агрегированные пучки "элементарных" волокон толщиной только более 13 мкм, что неприемлемо для получения высококачественных композиционных материалов, для которых требуется полная дефибриляция волокнистых агрегатов хризотила. При этом известно, что физико-механические свойства армированных композиций зависят от равномерности распределения армирующего компонента. Чем длиннее волокно, тем легче оно комкуется при получении изделия. При этом реализуется лишь незначительная доля армирующей способности наполнителя, поэтому лучше всего использовать волокна хризотила длиной до 100 мкм. Армирующий нано-наполнитель позволяет увеличить пластичность бетонных смесей; повысить теплостойкость и продолжительность эксплуатации изделий при высоких температурах; увеличить предел прочности при изгибе, ударную вязкость; снизить плотность и усадку композиционного нанобетона и полностью устранить технологический брак в процессе изготовления тонкостенных бетонных изделий.



#### 4. Изготовление, оптимизация состава и испытания ЖМСЦ нанобетона

По разработанной авторами методике рассчитан состав радиационно-защитной нанобетонной смеси. Изготовлены смеси и определены их технологические свойства. Из смесей изготовлены образцы и определены их физико-механические свойства. Для оптимизации составов при проведении исследований использовались современные физико-химические методы оценки характеристик структуры и свойств.

**Основные физико-механические характеристики ЖМСЦ нанобетона.** При армировании цементной матрицы хризотилом марочная прочность бетона, в зависимости от степени дефибриллирования товарного хризотила и качества гомогенизации компонентов бетонной смеси, повышается до 5 раз, по сравнению с предписываемой техническим заданием. Отношение прочности при изгибе и растяжении к прочности на сжатие возрастает в 1,6–2,2 раза. Коэффициент вариации по прочности снижается до 30 %. Установлено, что при больших дозах  $\gamma$ -облучения (~10 МГр) прочность материала практически не изменяется. Структура облученных и контрольных образцов нанобетона плотная, без видимых трещин (оптические исследования при увеличении  $\times 200$ ).

Исследование структуры ЖМСЦ нанобетона с помощью световой и высокоразрешающей электронной микроскопии показало, что все компоненты в нанобетоне распределены равномерно.

ЖМСЦ нанобетон заводского изготовления (при неполном дефибриллировании товарного хризотила с целью снижения себестоимости бетона биологической защиты), применяемый на Курской АЭС, имеет следующие основные характеристики: плотность высушенного до постоянной массы при 110 °С нанобетона — 4000 кг/м<sup>3</sup>, прочность при сжатии после 28 суток твердения — 55...60 МПа, а прочность при изгибе — 6...7 МПа, количество структурной воды при 300 °С — 1...1,5 масс. %.

**До экспериментальных исследований проведено** математическое моделирование процессов взаимодействия реакторного излучения ( $\gamma$  и  $n^0$ ) с компонентами ЖМСЦ нанобетона. Используются программные комплексы расчета эффективности поглощения ионизирующих излучений новыми нанобетонами с удобным пользовательским интерфейсом и наглядным представлением результатов моделирования. Выполнен детальный теоретический анализ защитных свойств нанобетона биологической защиты реактора в целом. Для вариантных расчетов и получения пространственно-энергетических распределений потоков нейтронов и  $\gamma$ -квантов в материалах биологической

защиты рассмотрена модель, состоящая из активной зоны реактора, конструктивных элементов реактора и отражателя, слоя серпентинового бетона толщиной 50 см и слоя исследуемого защитного бетона толщиной 1 м. По валовому химическому анализу расчетами пространственно-энергетического распределения плотностей потоков и распределения мощности дозы нейтронов в плоской геометрии образцов ЖМСЦ нанобетона, проведенными до экспериментальных исследований с помощью программы ANISN, реализующей решение одномерного транспортного уравнения методом дискретных ординат с учетом анизотропии рассеяния в плоской геометрии, для сравнения ослабляющих свойств ЖБСЦ и ЖМСЦ бетонов были рассчитаны теоретические сечения выведения быстрых нейтронов и сечения выведения для ряда функционалов и пространственно-энергетические распределения плотностей потоков нейтронов и  $\gamma$ -квантов, а также распределения мощности дозы от нейтронов и  $\gamma$ -квантов [5]. Расчеты показали, что новый ЖМСЦ нанобетон обладает высокими радиационно-защитными свойствами. Рассчитана длина релаксации быстрых нейтронов  $\lambda_{\beta, n} = 8,8...9,4$  см, и длина свободного пробега  $\lambda_{n, \text{доза}} = 10...11,5$  см. Длины релаксации рассчитаны как обратные значения величинам сечений выведения.

#### 4.1. Экспериментальное определение радиационно-защитных свойств ЖМСЦ нанобетона

Методика измерений, радиоактивные источники и измерительная аппаратура описаны в работе [6].

Для исследования защитных свойств ЖМСЦ нанобетона использовались образцы в виде плит размером 160 × 140 × 40 мм в количестве 8 шт., общая толщина слоя которых составляла 320 мм.

На рис. 1 приведены функции распределения мощности дозы  $\gamma$ -излучения источников <sup>137</sup>Cs и <sup>60</sup>Co в ЖМСЦ нанобетоне, определенные экспериментально. Как видно, ослабление мощности дозы  $\gamma$ -излучения в материале происходит по экспоненциальному закону. Вместе с функциями ослабления мощности дозы  $\gamma$ -излучения в ЖМСЦ нанобетоне (кривые 1 на рис. 1) приведены функции ослабления мощности дозы  $\gamma$ -излучения источников <sup>137</sup>Cs и <sup>60</sup>Co, которые были измерены Ge(Li)  $\gamma$ -спектрометром по ослаблению  $\gamma$ -излучения с энергией  $\gamma$ -излучения  $E_\gamma = 661$  кэВ и  $E_\gamma = 1332$  кэВ в условиях "узкой" геометрии (кривые 2). Кривые 1 и 2 отнормированы друг к другу при нулевой толщине защиты.

По кривым 3 (широкий пучок) были рассчитаны полные коэффициенты линейного ослабления  $\mu_{\text{полн}}$   $\gamma$ -излучения <sup>137</sup>Cs и <sup>60</sup>Co (табл. 1) для ЖМСЦ нанобетона. Отношение функции (кривая 1) к

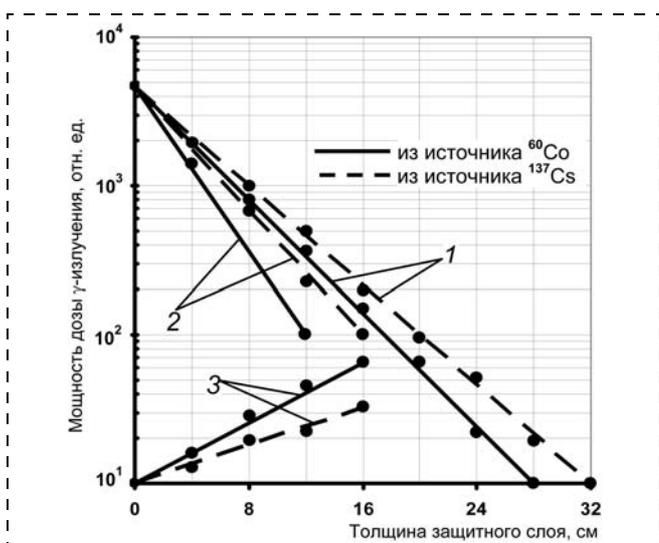


Рис. 1. Функции распределения мощности дозы  $\gamma$ -излучения в ЖМСЦ нанобетоне

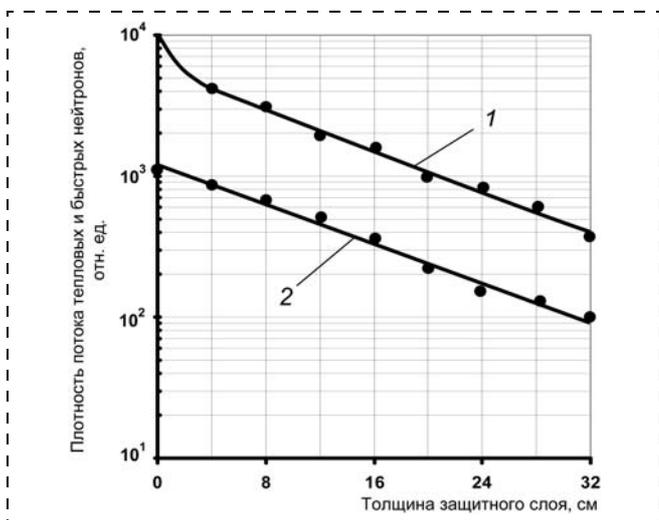


Рис. 2. Функции распределения плотности потоков тепловых (1) и быстрых (2) нейтронов в ЖМСЦ нанобетоне

функции (кривая 2) позволило рассчитать дозовые факторы накопления  $B_{\text{доз}}(r)$  для  $E_{\gamma} = 661$  кэВ и  $E_{\gamma} = 1332$  кэВ, где  $r$  — расстояние между точечным источником  $\gamma$ -излучения и  $\gamma$ -спектрометром, используемым для определения функции ослабления плотности потоков  $\gamma$ -излучения в условиях "узкой" геометрии за слоями исследуемого материала различной толщины (или проще,  $r$  — толщина слоя ЖМСЦ нанобетона).

Экспериментально определенные функции  $B_{\text{доз}}(r, E)$ , имеющие вид

$$B_{\text{доз}}(r, 661 \text{ кэВ}) = \exp 0,104r,$$

$$B_{\text{доз}}(r, 1332 \text{ кэВ}) = \exp 0,075r,$$

представлены на рис. 1 кривыми 3.

Таблица 1  
Полные коэффициенты линейного ослабления  $\gamma$ -излучения в ЖМСЦ нанобетоне,  $\text{см}^{-1}$

Источник	Энергия $\gamma$ -излучения, кэВ	$\mu_{\text{полн}}, \text{см}^{-1}$
$^{137}\text{Cs}$	661	0,347
$^{60}\text{Co}$	1332	0,24

Таблица 2

Длины релаксации мощности дозы  $\gamma$ -излучения и быстрых нейтронов в ЖМСЦ нанобетоне, см

Источник $\gamma$ -излучения		Быстрые нейтроны
$^{137}\text{Cs}$	$^{60}\text{Co}$	
$4,37 \pm 0,1$	$5,7 \pm 0,1$	$10,6 \pm 0,2$

На рис. 2 приведены экспериментальные функции распределения плотности потоков тепловых (кривая 1) и быстрых (кривая 2) нейтронов в ЖМСЦ нанобетоне.

Плотность потока быстрых нейтронов в материале уменьшается по экспоненциальному закону с длиной релаксации  $\lambda = (10,6 \dots 0,2)$  см.

Плотность потока тепловых нейтронов в первых слоях (~до 12 см) защитного материала изменяется более резко по сравнению с быстрыми нейтронами. При толщине защиты более 12 см ослабление плотности потока тепловых нейтронов происходит одинаково с быстрыми нейтронами с длиной релаксации  $\lambda_{\text{т. н.}} = (10,6 \pm 0,2)$  см., т. е. в материале не происходит накопление тепловых и промежуточных нейтронов. Радиационно-защитные характеристики ЖБСЦ нанобетона плотностью  $4000 \pm 100 \text{ кг/м}^3$  сведены в табл. 2.

Итак, испытания ЖМСЦ нанобетона полностью подтвердили его высокие защитные свойства. Разработанный новый особо тяжелый нанобетон с матрицей на основе портландцемента, предназначенный для длительной (до 30 лет) биологической защиты ядерных реакторов на быстрых нейтронах до 573 К (300 °С), эффективнее ЖБСЦ бетона как по отношению к потокам нейтронов, так и к потокам  $\gamma$ -квантов, что достигнуто за счет увеличения общей плотности бетона и более высокого содержания структурной воды, отвечает всем требованиям Госатомнадзора и позволяет полностью заменить ранее применяемый ЖБСЦ бетон.

Мощность дозы нейтронов над реактором РБМК при замене блоков из ЖБСЦ бетона на настиле плиты реактора РБМК на блоки из ЖМСЦ нанобетона, снижается в 1,5–2 раза, т. е. приводит к улучшению радиационной обстановки для обслуживающего персонала в реакторном зале АЭС.



## 5. Заключение

Из недефицитного российского сырья армированием цементного камня нановолокнами хризотила получен высокопрочный особо тяжелый ЖМСЦ нанобетон биологической защиты реакторов на быстрых нейтронах. Материалов по свойствам, аналогичным ЖМСЦ нанобетону, в РФ в настоящее время не производится. Разработанная технология принята в качестве основной.

Результаты исследований реализованы в промышленности, учтены при реконструкции действующих и проектировании новых реакторов.

Нанобетоны без утяжелителя (железа и железорудного концентрата) могут быть использованы в гидротехническом, дорожном, аэродромном строительстве и при производстве тонкостенных изделий для ограждающих конструкций.

*Авторы выражают благодарность сотрудникам НИКИЭТ им. Н. А. Доллежала: Анисимову Ю. Г., Архангельскому К. Б., Баринову А. Л., Исаяеву П. И.,*

*Макарову В. И., Орлову Ю. В., Яшникову А. И. за помощь в проведении радиационных исследований.*

### Список литературы

1. **Бронштейн И. Э.** Радиационная безопасность персонала атомных электростанций / И. Э. Бронштейн. — Л.: 1988. — 77 с.
2. **Бетон** в защите ядерных установок. Изд. 2. — М.: Атомиздат, 1973. — 319 с.
3. **Кимель Л. Р.** Защита от ионизирующих излучений. Справочник / Л. Р. Кимель, В. П. Машкович. — М.: Атомиздат, 1972. — 312 с.
4. **Смоликов А. А.** Применение высокоэнергетического диспергирования для получения нанотрубок хризотила / А. А. Смоликов, В. В. Костин // Известия ВУЗов. Строительство. — 2009. — № 2. — С. 24—30.
5. **Смоликов А. А.** Расчет защитных характеристик железосерпентиновых бетонов для блоков сб.11 РБМК Курской АЭС // Материалы и упрочняющие технологии — 2007 / А. А. Смоликов, Ю. В. Орлов, Д. В. Воронов, В. И. Павленко // Сб. материалов XIV Российской научно-технической конференции с международным участием. — Курск: КГТУ, 2007. — С. 135—139.
6. **Смоликов А. А.** Радиационно-защитные свойства бетона для атомных электростанций с реакторами на быстрых нейтронах / А. А. Смоликов // Известия ВУЗов. Строительство. — 2009. — № 5. — С. 37—41.

УДК 504.75

**Д. Б. Стыро**, д-р физ.-мат. наук, проф., **Д. И. Поздняков**, асп.,  
Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса, Литва  
E-mail: dmitrij\_pozdniakov@yahoo.com

## О прогностической связи хода потока жесткого космического излучения и всплесков сердечно-сосудистых заболеваний в г. Вильнюсе во время минимума солнечной активности

*Рассмотрена прогностическая связь между уменьшением потока жесткого космического излучения и всплесками сердечно-сосудистых заболеваний в г. Вильнюсе в 2008—2009 гг. При этом учитывается число пятен как на всем солнечном диске, так и в его центральной части.*

**Ключевые слова:** сердечно-сосудистые заболевания, поток жесткого космического излучения, геомагнитное поле, солнечная активность

**Styro D. B., Pozdniakov D. I.** On prognostic connection of hard cosmic rays flux course and cardiovascular diseases leaps in Vilnius city in period of minimum of solar activity

*Prognostic connection between hard cosmic ray flux (HCRF) decrease and cardiovascular diseases (CVD) leaps in 2008—2009 is investigated. At the same time the number of spots on the whole solar disc and its central part are taken into consideration. A positive result of prognosis realization between HCRF decrease and CVD leaps in 2008 was 57% in 1—2 days and in 2—3 days — 51%. The analogous data for 2009 were 76 % and 72% respectively. No stable connection was found between CVD leaps and Sun spots. However, the course of monthly results of CVD and number of spots on the whole disc often have analogous tendencies.*

**Keywords:** cardiovascular diseases, hard cosmic ray flux, geomagnetic field, solar activity

## Введение

В настоящее время широко исследуется воздействие метеорологических, геофизических и космических факторов на здоровье человека [1, 2]. Такое воздействие особенно эффективно на людей, обладающих слабым здоровьем, а также на людей с сердечно-сосудистой патологией [3, 4]. Постоянно изменяющаяся солнечная активность приводит к изменениям метеорологических и геофизических процессов, а также влияет на геомагнитное поле, вызывая его вариации. Нестабильность геомагнитного поля и является одним из основных факторов внешнего воздействия на человеческий организм. Последствия этих воздействий обычно ощущаются через несколько дней, поскольку для человеческого организма характерна некоторая "инерционность" восприятия [5, 6].

В литературе показано, что вариации геомагнитного поля могут быть описаны с помощью косвенного индикатора — потока жесткого космического излучения (ПЖКИ) у земной поверхности [7, 8]. По характеру изменения интенсивности ПЖКИ оказался возможным прогноз всплесков сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ), хотя непосредственно ПЖКИ практически не влияет на человеческий организм. Как правило, колебания ПЖКИ у земной поверхности связаны с вариациями геомагнитного поля, которые вызывает солнечная активность. При сильных колебаниях геомагнитного поля довольно часто наблюдаются изменения метеорологических процессов. Поэтому всплески ССЗ иногда связывают с ухудшениями метеорологических условий, хотя при этом основным фактором является нестабильность геомагнитного поля, которую можно определить по колебаниям ПЖКИ.

Поток жесткого космического излучения у земной поверхности — это вторичное космическое излучение, которое образуется из первичного — потока космических частиц, приходящих из галактики. Войдя в солнечную систему эти частицы, несущие электрический заряд, подвергаются влиянию солнечной активности, гелиомагнитных и геомагнитных условий, которые влияют на них на протяжении всей траектории их движения — как в межпланетном пространстве, так и в земной атмосфере [9, 10]. Установлено, что интенсивность космических лучей у земной поверхности имеет обратную фазу по сравнению с фазой цикла солнечной активности [11].

Первичные космические частицы, приходящие из галактики, взаимодействуют с атмосферными газами, что приводит к ядерным реакциям [12]. В результате этих реакций появляются вторичные частицы — пионы. В конце своего существования (26 нс) пионы, в свою очередь, превращаются в мюоны,

продолжительность жизни которых составляет 2 мкс. Продолжительности этой жизни недостаточно для достижения поверхности Земли из верхних слоев атмосферы, поэтому у земной поверхности регистрируются мюоны из нижних слоев. Динамические и тепловые движения воздушных масс в тропосфере постоянно изменяют плотность воздуха, что связано с передвижением циклонов и антициклонов в атмосфере. Изменения плотности воздуха вызывают колебания мюонного потока [4], а изменения потока вторичного космического излучения связаны с изменениями динамики атмосферных процессов, влияющих на здоровье человека.

Количество всплесков ССЗ определялось по количеству вызовов скорой помощи, независимо от возраста и пола пациента. Цель исследования — сопоставить ход ПЖКИ с динамикой всплесков ССЗ и оценить взаимосвязь этих процессов. Исследования проводились в городе Вильнюсе в 2008—2009 гг. в период минимальной солнечной активности.

## Материалы и методы

Интенсивность ПЖКИ измерялась с помощью гамма-спектрометра со сцинтилляционным детектором. Детектор прибора состоит из кристалла NaI(Tl) диаметром 63 мм и фотоэлектронного умножителя (ФЭУ). Детектор окружен свинцовой защитой, толщина которой составляет 12 см (рис. 1) [13].

Вторичные космические частицы (мюоны и гамма-кванты с высокой энергией), проникающие через свинцовую защиту, взаимодействуют с кристаллом NaI(Tl), порождая вспышки света. Вспышки преобразовываются в электрические сигналы и усиливаются ФЭУ. Далее сигналы усиливаются линейным усилителем, а затем распределяются по энергиям анализатором импульсов и регистрируются компьютером [14]. Импульсы автоматически суммируются каждые 15 мин до временного интервала в 1 ч.

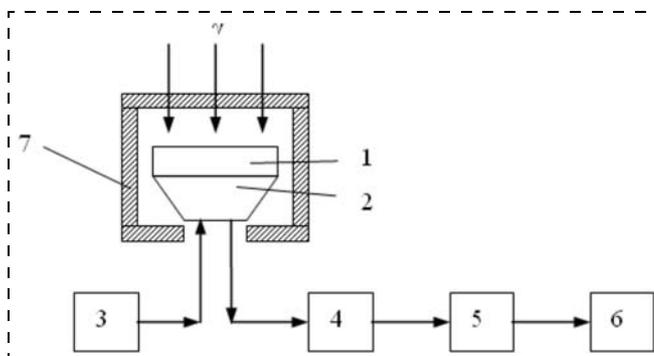


Рис. 1. Блок-схема гамма-спектрометра:

1 — кристалла NaI (Тl), 2 — ФЭУ, 3 — высоковольтный стабилизатор, 4 — линейный усилитель, 5 — анализатор импульсов, 6 — компьютер, 7 — свинцовая защита [13]

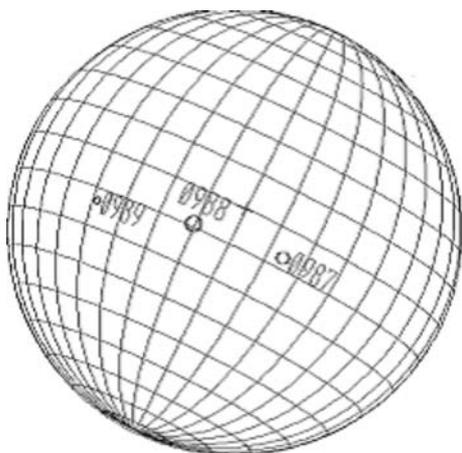


Рис. 2. Карта активных областей на солнечном диске за 28 марта 2008 г.; активные области пронумерованы 0987, 0988, 0989 [14]

Всплесками ССЗ считаются те случаи, когда за сутки число вызовов скорой помощи превышает среднеемесячное значение на 10 % и более. Для прогноза всплесков ССЗ предлагается эмпирический критерий — непрерывное падение значения ПЖКИ, превышающее 200 импульсов в течение 4 ч и более [4].

Данные о пятнах на солнце были получены с веб-сайта Солнечной Обсерватории Миса [14]. Данные этой обсерватории представляют собой ежедневные карты активных областей на солнечном диске (рис. 2).

Согласно картам активных областей можно получить информацию о гелиографических координатах, площади и количестве солнечных пятен. В работе используются данные о количестве отдельных солнечных пятен (КОСП) в активных регионах на солнечном диске. Для исследований были выделены две зоны: полный диск и его центральная часть с координатами  $\pm 20^\circ$  долготы и  $\pm 20^\circ$  широты. КОСП в центральной зоне обозначено КОСПЦ. Для проверки кратковременного влияния солнечной активности на ССЗ используются данные о наличии пятен на всем солнечном диске ( $\text{КОСП} > 0$ ) и в его центральной части ( $\text{КОСПЦ} > 0$ ) за 1—2 и 2—3 дня до всплесков ССЗ.

### Результаты и анализ

Для определения связи между ССЗ и ПЖКИ проводилось сравнение хода их значений в 2008—2009 гг. (рис. 3).

На этом рисунке наблюдается идентичность хода вышеупомянутых параметров. Наибольшие среднеемесячные значения ПЖКИ, приведенные к

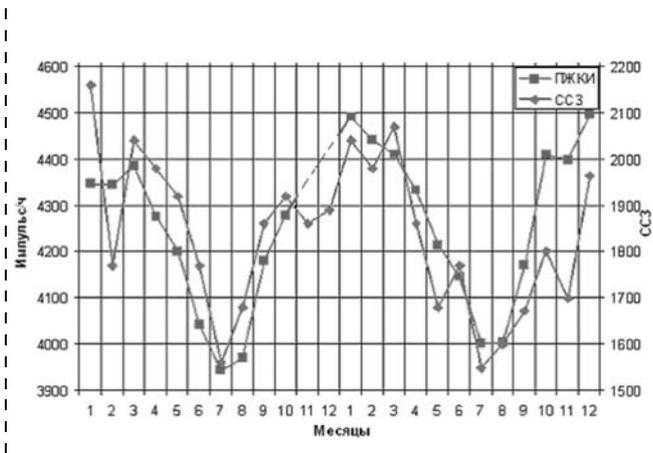


Рис. 3. Ход среднеемесячных значений ПЖКИ, приведенных к часовому интервалу времени и суммарных месячных значений ССЗ в 2008—2009 гг. Пунктирной линией обозначены значения ПЖКИ, осредненные по ряду суток ноября и декабря месяцев 2008 г.

временному интервалу в один час и количество ССЗ, зарегистрированных за месяц имеют место в зимнее время, а наименьшие — летом. Сезонное изменение этих параметров, по-видимому, связано с изменением расстояния между Землей и Солнцем, что естественно влияет на геомагнитные и метеорологические процессы. Коэффициент корреляции для величин ПЖКИ и ССЗ равен 0,74 для 2008 и 2009 гг., что означает сравнительно высокую связь между этими параметрами.

Сопоставление месячных данных КОСП, КОСПЦ и ССЗ приводится на рис 4 и 5. Здесь ход приведенных кривых в некоторой степени совпадает, однако устойчивой корреляции не наблюдается. Следовательно, нельзя утверждать о стабильной связи между ними, как это имело место при сравнении хода ПЖКИ и ССЗ (см. рис. 3). По-видимому, солнечная активность не имеет прямого

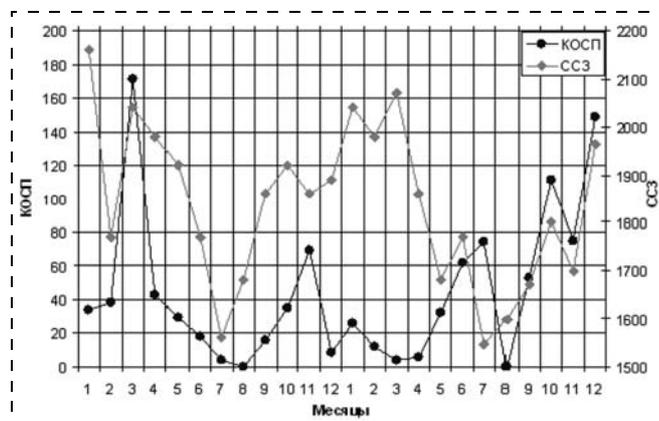


Рис. 4. Ход месячных значений ССЗ и КОСП в 2008—2009 гг.

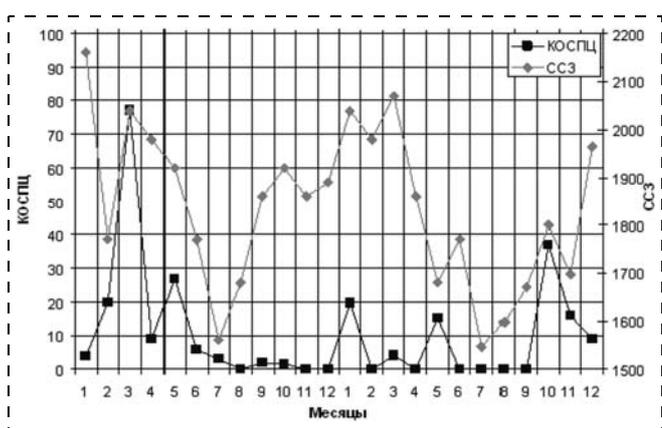


Рис. 5. Ход месячных значений ССЗ и КОСПЦ в 2008–2009 гг.

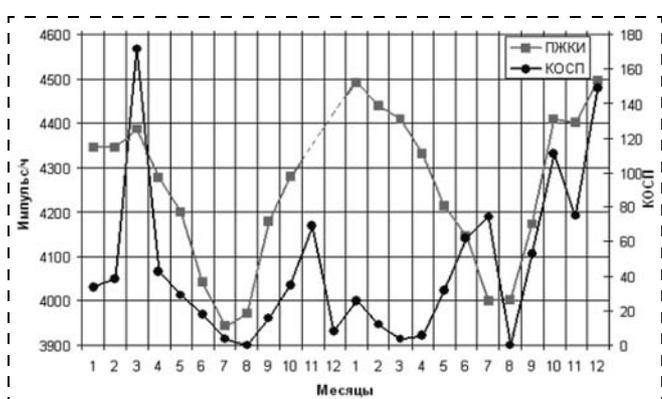


Рис. 6. Ход среднемесячных значений ПЖКИ, приведенных к часовому временному интервалу и месячных значений КОСП в 2008–2009 гг.

воздействия на организм человека, а передается через ряд геофизических факторов. Однако более эффективная связь между солнечными пятнами и числом ССЗ имеет место при наличии пятен на всем солнечном диске. Это означает, что пятна, образующиеся вне центральной части солнечного диска имеют заметное влияние на возрастание числа ССЗ при примерно одинаковом числе пятен в центральной части и на всем диске (см. рис. 4 и 5).

Сравнение среднемесячных значений ПЖКИ, приведенных к временному интервалу в один час и месячных значений КОСП приводится на рис. 6. Здесь в основном наблюдается похожая тенденция вариаций исследуемых параметров. Заметное расхождение хода анализируемых данных относится к марту — июлю 2009 г., где их изменение имеет противоположное направление.

Среднемесячные или месячные данные определяют лишь общую тенденцию хода сопоставляемых параметров. Однако для практического применения исследуемых характеристик необходимы результаты их кратковременной связи. Такая связь изучалась для тех случаев, когда после уменьше-

ния ПЖКИ согласно ранее приведенному критерию (см. раздел "Материалы и методы"), имели место всплески ССЗ через 1–2 и 2–3 суток. В течение этих же суток до всплесков ССЗ регистрировались КОСП и КОСПЦ (см. таблицу).

Оказалось, что эффективность прогноза всплесков ССЗ по падению ПЖКИ через 1–2 и 2–3 суток была различна в 2008 и 2009 гг. Наиболее эффективным был прогноз для 2009 г. — 76 % и 72 % относительно общего числа сопоставлений вышеуказанных параметров (см. таблицу), а в 2008 г. эти данные составляли 57 и 51 % соответственно. Более низкий прогноз в 2008 г., по-видимому, объясняется не полной информацией о ПЖКИ в ноябре и декабре.

Если число роста КОСП в теплый период 2009 г. хорошо коррелирует с количеством всплесков ССЗ, то этого не наблюдается в 2008 г.

Всплески ССЗ и выполнимость их прогноза, определенная по падению ПЖКИ с учетом количества пятен в 2008–2009 гг.

Месяц	Всплески ССЗ	Число реализаций по критерию ПЖКИ		Количество солнечных пятен за 1–3 суток до всплесков ССЗ	
		через 1–2 суток	через 2–3 суток	в центре солнечного диска	на всем солнечном диске
2008 год					
Январь	8	6	3	1	13
Февраль	8	1	1	5	7
Март	6	1	2	21	28
Апрель	9	5	3	19	50
Май	6	5	5	3	16
Июнь	10	5	4	3	5
Июль	9	6	6	2	2
Август	8	4	7	0	0
Сентябрь	9	9	7	1	9
Октябрь	3	1	1	1	3
Ноябрь	5	—	—	14	20
Декабрь	7	—	—	0	1
Всего	88	50	45	70	154
Реализация, %		49	44		
2009 год					
Январь	7	3	1	8	9
Февраль	8	7	5	0	2
Март	7	7	7	0	3
Апрель	8	4	5	0	0
Май	8	7	6	8	15
Июнь	10	8	7	0	21
Июль	10	9	8	0	36
Август	9	8	8	0	0
Сентябрь	8	3	4	0	28
Октябрь	6	4	5	0	3
Ноябрь	8	7	8	4	19
Декабрь	8	7	6	3	29
Всего	97	74	70	23	155
Реализация, %		76	72		



Наименьшая реализуемость прогноза всплесков ССЗ по падению ПЖКИ приходилась на февраль, март и октябрь 2008 г., а также на январь и сентябрь 2009 г. при совершенно различных числах КОСП и КОСПЦ. В это время большинство всплесков ССЗ, по-видимому, было связано не с возмущением геомагнитного поля, а вызывались другими факторами.

### Выводы

1. Коэффициент корреляции между всплесками сердечно-сосудистых заболеваний и потоком жесткого космического излучения за 2008—2009 гг. равен  $r = 0,74$ , что указывает на сравнительно хорошую связь между этими процессами.

2. Установлено, что для всплесков ССЗ, на 10 % и более превышающих среднемесячные значения, эффективность прогноза по падению ПЖКИ через 1—2 и 2—3 суток составляла 57 и 51 % в 2008 и 76 и 72 % в 2009 гг., соответственно.

3. Случаи не реализованных прогнозов всплесков ССЗ можно объяснить преимущественным влиянием на организм человека других факторов.

4. Ход всплесков ССЗ имел большее сходство с ходом солнечных пятен на всем солнечном диске, чем в его центральной части при примерно одинаковом числе пятен.

### Список литературы

1. Schwenn R. Space Weather: The Solar Perspective // Living Rev. Solar Phys. — 2006. — № 3, 2. — С. 38. [издание в Интернете]: <http://www.livingreviews.org/lrsp-2006-2> (дата обращения: 2008-08-15).
2. Babayev E. S., Allahverdiyeva A. A., Mustafa F. R., & Shustarev P. N. An Influence of Changes of Heliogeophysical Conditions on Biological Systems: Some Results of Studies Conducted in the Azerbaijan National Academy of Sciences // Sun and Geosphere. — 2007. — № 2 (1). — С. 48.
3. Palmer S. J., Rycroft M. J., Cermack M. Solar and geomagnetic activity, extremely low frequency magnetic and electric fields and human health at the Earth's surface // Survey in Geophysics. — 2006. — № 27. — С. 557—595.
4. Styro D., Gaspariunas J., Usovaite A., Juozulynas A. On prognosis of leaps of cardiovascular diseases by variation of hard cosmic radiation // Международная конференция "Погода и биосистемы. Космогеофизические и гидрометеорологические факторы экологии биосистем (растений, животных, человека)", 11—14 октября 2006 года, Санкт-Петербург / Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербургская государственная медицинская академия им. И. И. Мечникова. Санкт-Петербург: Российский государственный гидрометеорологический университет, 2006. — С. 328—335.
5. Dmitrov J., Dmitrova A. Geomagnetic field effect on cardiovascular regulation // Bioelectromagnetics. — 2004. — № 25. — С. 92—101.
6. Dimitrova S., Stoilova I., Yanev T., Cholakov I. Effect of local and global geomagnetic activity on human cardiovascular homeostasis // Archives of Environmental Health. — 2004. — № 59. — С. 84—90.
7. Styro D., Gaspariunas J., Usovaitė A., Juozulynas A. On connection between hard cosmic ray flux variation and changes in cardiovascular diseases in Vilnius city // International Journal of Biometeorology. — 2005. — № 49. — С. 267—272.
8. Styro D., Usovaitė A., Damauskaite J., Juozulynas A. Leaps on cardiovascular diseases after a decrease of hard cosmic ray flux and atmosphere pressure in Vilnius city in 2004—2007 // International Journal of Biometeorology. — 2009. — № 53 (6). — С. 471—477. DOI 10.1007/s00484-009-0234-3.
9. Mursula K., Usoskin L. Oulu Space Physics Textbook online. 1998. [издание в Интернете]: <http://www.onlu.fi/~spaceweb/textbook/> (дата обращения: 2008-09-02).
10. Rivin Y. R. Modulation of the galactic cosmic ray flux by cyclic variations of solar magnetic fields // International journal of Geomagnetism and Aeronomy. — 1998. — № 1 (3). — С. 17—29.
11. Usoskin I. G., Kovaltsov G. A., Kananen H., Tanskanen P. The World Neutron Monitor Network as a Tool for the Study of Solar Neutrons // Annales Geophysicae. — 1997. — № 15. — С. 375—386.
12. Zeigler J. F. Terrestrial cosmic ray intensities // IBM Journal of Research and Development. — 1988. — № 42 (1). — С. 117—139.
13. Стыро Д., Гаспарюнас Й., Богданович А., Сырусене В., Усовайте А. О прогностической связи изменений потока жесткого космического излучения и сердечно-сосудистых заболеваний в г. Вильнюс в 1997—2001 гг. // Вестник МАНЭБ (Санкт-Петербург). — 2003. — № 8 (6). — С. 39—46.
14. Сайт Солнечной обсерватории Миса <http://www.solar.ifa.hawaii.edu/ARMaps/archive.html> Данные Солнечной обсерватории Миса, Гавайского университета, были получены при поддержке NASA, грант NNG06GE13G. (дата обращения: 2011.05.21).

## Информация

### Пятая Международная конференция "ПЫЛЕГАЗООЧИСТКА—2012"

25—26 сентября 2012 года  
ГК Измайлово, Москва

В Международная конференция "Пылегазоочистка—2012" — единственное межотраслевое мероприятие в СНГ, охватывающее практически все вопросы модернизации установок газоочистки: очистка газов и воздуха от пыли, золы, сероводорода, диоксида серы, окислов азота, электрофильтры, рукавные фильтры, скрубберы, циклоны, вентиляторы, дымососы, конвейеры, пылетранспорт, экомониторинг, пылемеры, газоанализаторы, АСУТП газоочистки, пылесосы, системы вентиляции и кондиционирования.

Подробная информация на сайте:  
[www.ecolog.intecheco.ru](http://www.ecolog.intecheco.ru)



УДК 613.24:677.815.616-056.52

**В. А. Доценко**, академик РАЕН и МАНЭБ, д-р мед. наук, проф., зав. кафедрой Северо-Западного государственного медицинского университета им. И. И. Мечникова, главный диетолог Комитета по здравоохранению Правительства Санкт-Петербурга и СЗФО РФ, **Л. В. Мосийчук**, канд. мед. наук, доц. кафедры, Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова, г. Санкт-Петербург  
E-mail-docen@bk.ru

## Качество, безопасность и диетическая эффективность использования кисломолочного продукта "Витафлор" при дисбактериозе лиц с избыточной массой тела и ожирением

*Приведены результаты исследования оценки качества, безопасности и диетической эффективности кисломолочного продукта "Витафлор" на двух группах пациентов, страдающих избыточной массой тела и ожирением в сочетании с дисбактериозом. Показан благоприятный диетический эффект от введения в рацион питания кисломолочного продукта "Витафлор", что позволило рекомендовать пробиотический кисломолочный продукт "Витафлор" в диетическом питании пациентов с данной патологией.*

**Ключевые слова:** кисломолочный продукт, пробиотик, избыточная масса тела, ожирение, дисбактериоз, диетическое питание

**Dotsenko V. A., Mosiychuk L. V. Quality, safety and nutritional efficiency of consuming fermented milk product "Vitaflor" by overweight and obese people suffering from dysbiosis**

*The Study was aimed at the assessment of quality, safety and nutritional efficiency of consuming fermented milk product "Vitaflor" by two groups of patients, suffering from excess weight and obesity combined with dysbiosis.*

*Including fermented milk product "Vitaflor" into the diet proved to have positive nutritional effect. It can be recommended to include probiotic fermented milk product "Vitaflor" into the diet of patients with such pathology.*

**Keywords:** fermented milk product, probiotic, excess body weight, obesity, dysbiosis, diet nutrition

Ожирение — эпидемия современного человечества. Данным заболеванием страдает огромное количество людей во всем мире. Статистика свидетельствует о неуклонном росте распространенности ожирения на нашей планете. Если ситуация дальше будет развиваться подобным образом, то к 2025 г. в мире будет насчитываться более 3 млрд человек с избыточным весом и ожирением [1, 2]. Опасность за-

ключается в том, что с увеличением массы тела растет риск возникновения многих заболеваний: гипертонической болезни, ишемической болезни сердца, сахарного диабета, заболеваний желудочно-кишечного тракта и др. [3—5]. При этом частота нарушения функции желудочно-кишечного тракта при ожирении достигает 55 % [6]. По данным ряда авторов дискинетические расстройства достаточно часто сопровождаются изменениями микробиоценоза кишечника различной степени тяжести [7, 8]. Нормализация моторно-эвакуаторной функции толстой кишки является составной частью программы мероприятий, направленных на снижение массы тела [7, 9]. Расширение диапазона средств немедикаментозного характера, воздействующих на эту сторону деятельности пищеварительного тракта, является весьма актуальной медицинской проблемой [10—12]. В этой связи представляет интерес провести диетологические исследования нового кисломолочного продукта "Витафлор" на основе симбиотической закваски из двух защищенных патентом штаммов ацидофильных бактерий *Lactobacillus acidophilus* D-75 и *Lactobacillus acidophilus* D-76, которые при определенных условиях образуют симбиоз, усиливающий их лечебные качества [13].

Цель исследования: дать гигиеническую и диетическую оценку использования пробиотического кисломолочного продукта "Витафлор" при избыточной массе тела и ожирении в сочетании с дисбактериозом.

Материалы и методы: объектом гигиенических и диетических исследований явился кисломолочный продукт "Витафлор". Показатели пищевой и энергетической ценности этого кисломолочного продукта определяли по ГОСТ Р 51331—99, ГОСТ 5867—90, ГОСТ 3622—68. Гигиеническая оценка безопасности кисломолочного продукта "Витафлор" проводилась на основе определения содержания токсических элементов, пестицидов, антибиотиков, микотоксинов, радионуклидов и микробиологических показателей согласно методам, указанным в ГОСТ Р 53430—2009, ГОСТ 10444.12—88, ГОСТ 10444.15, ГОСТ 26927—86, ГОСТ 30711—2001, ГОСТ Р 52816—2007, ГОСТ Р 52814—2007, ГОСТ Р 51600—2010, ГОСТ 26933—86, ГОСТ 26930—86,



ГОСТ 23452—79, Му 5778—91, Му 5779—91 и другим методам, рекомендуемым СанПиН 2.3.2.1078—01 "Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов".

Диетическая оценка кисломолочного продукта "Витафлор" проводилась на пациентах с избыточной массой тела и ожирения 1-й степени с сопутствующей патологией желудочно-кишечного тракта, с нарушениями моторно-эвакуаторной функции, с диспептическими и с дисбиотическими явлениями, оцениваемыми как дисбактериоз толстого кишечника.

Все пациенты были разделены на две группы — основная и контрольная. Основная группа составляла 23 человека, а контрольная — 25 человек. Средний возраст обследуемых  $46,3 \pm 7,8$  лет.

Пациенты основной группы находились на стандартной диете с пониженной калорийностью (низкокалорийная диета) и на традиционной стандартной антихеликобактерной терапии и дополнительно получали кисломолочный продукт "Витафлор" на ночь в 21 ч по 150 мл в течение трех недель.

Пациенты второй контрольной группы находились в аналогичных с основной группой условиях, но вместо исследуемого кисломолочного продукта получали в 21 ч по 150 мл кефира 1 %-ной жирности.

Комплексное клинико-лабораторное обследование пациентов включало изучение динамики изменения клинической симптоматики, антропометрических данных, биохимических показателей крови. Данные оценки переваривающей способности желудочно-кишечного тракта обрабатывали с использованием пакета прикладных статистических компьютерных программ SPSS 13.5 для Windows. Результаты исследований были представлены в виде средних величин и стандартной ошибки средней ( $M \pm m$ ). Оценка достоверных различий средних величин проводилась с использованием *t*-критерия Стьюдента. Уровень значимости считали достоверным при  $p < 0,05$ .

Результаты и обсуждение: на основании проведенных исследований кисломолочного продукта "Витафлор" установлено, что это однородный, в меру вязкий, молочно-белый или кремообразный продукт без пос-

торонних привкусов и запахов. В 100 г исследуемого продукта содержится  $1,0 \pm 0,1$  г жира,  $3,2 \pm 0,3$  г белков,  $4,3 \pm 0,3$  г углеводов, а его энергетическая ценность составляет  $40,0 \pm 3,4$  ккал.

В исследуемых образцах кисломолочного продукта содержание токсических элементов, пестицидов, микотоксинов, радионуклидов не превышало величин, предусмотренных СанПиН 2.3.2.1078—01 и "Едиными санитарно-эпидемиологическими и гигиеническими требованиями к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору". При этом микробиологические исследования показали, что количество молочнокислых микроорганизмов, бифидобактерий, БГКП, патогенных, в том числе сальмонелл, протей, дрожжей, плесени, а также наличие антибиотиков соответствовало СанПиН 2.3.2.1078—01 и Техническим условиям ТУ 9224-004-56287309—2005 "Продукты кисломолочные "Vita Flor"(Витафлор) диетические (лечебно-профилактические)" (табл. 1).

Полученные результаты исследований указывают на безопасность использования в питании здорового и больного человека кисломолочного продукта "Витафлор". Проведенная диетическая оценка эффективности использования кисломолочного продукта на указанных выше двух группах пациентов показала следующее. У пациентов, принимавших кисломолочный продукт "Витафлор", отмечалось уменьшение жалоб на диспептические явления (вздутие живота, метеоризм), были констатированы положительные эффекты моторно-эвакуаторной функции кишечника, отмечались и другие благоприятные клинические симптомы (табл. 2).

При анализе биохимического статуса у обследованных групп пациентов наблюдалось некоторое улучшение к концу исследования у обеих групп, особенно у основной группы пациентов. Однако существенных отличий в биохимических показателях белкового, липидного, углеводного и минерального состава не было выявлено в группах сравнения (табл. 3).

В процессе приема "Витафлор" у 72 % пациентов отмечено снижение аппетита, а у 28 % из них полное исчезновение чувства голода.

Таблица 1

Показатели безопасности кисломолочного продукта "Витафлор"

Показатели	Допустимые уровни	Результаты исследования
Содержание афлатоксина М1, мг/кг	Не допускаются	Не обнаружено
Пенициллин, ед/г	Не допускаются	Не обнаружено
Стрептомицин, ед/г	Не допускаются	Не обнаружено
Тетрацилин, ед/г	Не допускаются	Не обнаружено
Содержание остаточных количеств ДДТ и его метаболитов, мг/кг	Не более 0,05	Менее 0,002
Удельная активность стронция-90, Бк/кг	Не более 25	Менее 5
Удельная активность цезия-137, Бк/кг	Не более 100	Менее 5
Содержание ртути, мг/кг	Не более 0,005	Менее 0,0025
Содержание мышьяка, мг/кг	Не более 0,05	Менее 0,04
Содержание кадмия, мг/кг	Не более 0,03	Менее 0,005
Содержание свинца мг/кг	Не более 0,1	Менее 0,05
Количество <i>L. acidophilus</i> , КОЕ/г	Не менее $1 \cdot 10^7$	Более $1,1 \cdot 10^9$
БГКП (колиформы) в 0,1 г	Не допускается	Не обнаружено
<i>S. aureus</i> в 1 см <sup>3</sup>	Не допускается	Не обнаружено
Патогенные микроорганизмы в 25 см <sup>3</sup> , в т. ч. сальмонеллы	Не допускается	Не обнаружено
Дрожжи, КОЕ/г не более	50	15
Плесени, КОЕ/г не более	50	5



Таблица 2

Динамика клинических симптомов у пациентов в процессе лечения с использованием кисломолочного продукта "Витафлор" ( $M \pm m$ ), баллы

Клинические симптомы	Основная группа		Контрольная группа	
	До лечения	После лечения	До лечения	После лечения
Боли в животе	4,3 ± 0,6	1,1 ± 0,3*	4,3 ± 0,5	1,9 ± 0,3*
Тошнота	3,2 ± 0,2	1,3 ± 0,3*	3,3 ± 0,4	2,0 ± 0,3
Горечь во рту	4,1 ± 0,5	1,4 ± 0,2*	4,1 ± 0,6	1,8 ± 0,3*
Изжога	4,1 ± 0,5	1,7 ± 0,3*	4,2 ± 0,5	1,9 ± 0,4*
Отрыжка воздухом	2,6 ± 0,3	1,9 ± 0,3	2,7 ± 0,3	2,1 ± 0,3
Вздутие живота	4,4 ± 0,5	1,2 ± 0,3*	4,5 ± 0,6	3,6 ± 0,7
Метеоризм	4,5 ± 0,5	1,4 ± 0,3*	4,3 ± 0,6	2,9 ± 0,6
Ощущение неполного опорожнения кишечника	3,1 ± 0,2	1,3 ± 0,1*	3,2 ± 0,3	2,4 ± 0,4
Запоры	4,3 ± 0,2	2,0 ± 0,1*	4,2 ± 0,4	2,9 ± 0,3
Общая слабость	4,6 ± 0,7	1,6 ± 0,2*	4,5 ± 0,5	3,0 ± 0,4
Расстройство сна	3,1 ± 0,3	2,0 ± 0,3	3,2 ± 0,4	2,1 ± 0,3
Головная боль	2,9 ± 0,4	1,2 ± 0,1*	3,1 ± 0,4	1,9 ± 0,3
Сухость во рту, жажда	3,3 ± 0,5	1,9 ± 0,5	3,4 ± 0,5	2,1 ± 0,5
Нарушение консистенции стула	4,5 ± 0,1	2,1 ± 0,06*	4,6 ± 0,2	3,1 ± 0,3
Кожный зуд	2,6 ± 0,3	1,2 ± 0,3*	2,5 ± 0,3	2,0 ± 0,3
Частота стула (раз в сутки)	0,45 ± 0,09	0,89 ± 0,1*	0,57 ± 0,1	0,6 ± 0,2
Урчание кишечных петель при пальпации	1,3 ± 0,5	0,9 ± 0,1*	4,5 ± 0,5	1,5 ± 0,3*
Состояния языка: наличие налета, трещин и других патологий	4,3 ± 0,4	1,2 ± 0,1*	4,5 ± 0,5	1,5 ± 0,3*
САД, мм рт.ст.	141,9 ± 4,1	118,3 ± 3,2*	142,6 ± 5,7	129,4 ± 5,8
ДАД, мм рт.ст.	93,3 ± 3,4	76,4 ± 3,0*	92,3 ± 3,1	80,9 ± 4,2

\* По сравнению с данными до лечения  $p < 0,05$ .

Таблица 3

Некоторые показатели липидного, белкового, углеводного, минерального обменов и системы гемокоагуляции в группах сравнения на фоне использования кисломолочного продукта "Витафлор" ( $M \pm m$ )

Показатели	Основная группа		Контрольная группа	
	До лечения	После лечения	До лечения	После лечения
Холестерин, ммоль/л	6,1 ± 0,21	4,7 ± 0,16*	6,2 ± 0,3	4,9 ± 0,4*
Холестерин ЛПВП, ммоль/л	1,9 ± 0,15	2,0 ± 0,15	2,1 ± 0,23	1,6 ± 0,22
Коэффициент атерогенности	2,4 ± 0,3	1,5 ± 0,26	2,5 ± 0,3	1,8 ± 0,34
Триглицериды, ммоль/л	2,3 ± 0,22	1,9 ± 0,19	2,2 ± 0,17	2,1 ± 0,12
Общий белок, г/л	6,9 ± 1,9	73,5 ± 2,1	68,5 ± 1,8	69,9 ± 0,12
Креатинин, мкмоль/л	60,4 ± 2,89	63,0 ± 5,23	83,4 ± 5,5	79,4 ± 5,98
Мочевина, ммоль/л	5,65 ± 0,3	4,07 ± 0,34	6,61 ± 1,22	3,34 ± 0,33
Мочевая кислота, ммоль/л	32,3 ± 33,2	329 ± 35,4	315 ± 65,4	317 ± 42,9
Глюкоза крови натощак, ммоль/л	6,64 ± 0,18	5,0 ± 0,2*	6,67 ± 0,2	5,2 ± 0,25*
Общий билирубин, мкмоль/л	18,1 ± 1,6	15,5 ± 0,85	16,3 ± 1,15	19,1 ± 4,71
АЛТ, МЕ/л	23,5 ± 4,01	31,7 ± 4,7	30,0 ± 4,2	24,6 ± 3,98
АСТ, МЕ/л	48,4 ± 10,0	34,9 ± 3,7	34,7 ± 4,41	24,4 ± 2,2
Щелочная фосфатаза, МЕ/л	59 ± 4,0	51,1 ± 3,6	64,9 ± 6,9	66,6 ± 11,5
Альфа амилаза, МЕ/л	22,6 ± 2,3	31,3 ± 3,6	39,3 ± 4,2	61,0 ± 16,0
Кальций, ммоль/л	2,14 ± 0,04	2,32 ± 0,05	2,32 ± 0,05	2,46 ± 0,07
Магний, ммоль/л	0,83 ± 0,03	0,93 ± 0,03	0,94 ± 0,03	0,83 ± 0,07
Фосфор, ммоль/л	0,88 ± 0,03	0,93 ± 0,03	0,94 ± 0,03	0,83 ± 0,07
Протромбиновый индекс, %	93,6 ± 1,89	96,5 ± 2,25	90,0 ± 3,7	92,0 ± 2,4
Фибриноген, мг%	361 ± 27,8	346 ± 18,4	414 ± 14,3	354 ± 12,1
Фибринолитическая активность, мин	183,3 ± 12,1	173,7 ± 9,2	180,4 ± 16,3	187,9 ± 21,4

\* По сравнению с данными до лечения  $p < 0,05$ .

Таблица 4

Динамика антропометрических показателей у обследованных групп сравнения ( $M \pm m$ )

Показатели	Показатели до лечения	Показатели после лечения	
		Контрольная группа	Основная группа
Масса тела, кг	89,2 ± 3,1	84,7 ± 3,5	81,1 ± 2,9
Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	35,3 ± 1,4	32,2 ± 2,1	30,1 ± 1,2*
Общее содержание жиров, %	36,2 ± 1,3	32,8 ± 1,8	30,9 ± 1,0*

\* По сравнению с данными до лечения  $p < 0,05$ .



Таблица 5

## Результаты бактериологического исследования (на грамм) на дисбактериоз кишечника у пациентов групп сравнения

Показатели микрофлоры	Норма	До лечения	После лечения	
			Основная группа	Контрольная группа
Патогенные энтеробактерии	0	0	0	0
Общее количество кишечных палочек	$10^7 \dots 10^8$	$10^5 \dots 10^6$	$10^7 \dots 10^8$	$10^6 \dots 10^7$
Лактозонегативные кишечные палочки	0	$10^4 \dots 10^5$	$10^2 \dots 10^3$	$10^3 \dots 10^4$
Гемолизирующие кишечные палочки	0	0	0	0
Условно-патогенные энтеробактерии	$0 \dots \leq 10^3$	$10^4 \dots 10^5$	$10^2 \dots 10^3$	$10^4 \dots 10^3$
Энтерококки	$10^5 \dots 10^6$	$10^3 \dots 10^4$	$10^5 \dots 10^6$	$10^4 \dots 10^5$
Стрептококки	$0 \dots 10^3$	$0 \dots 10^3$	$0 \dots 10^3$	$0 \dots 10^3$
Стафилококки (золотистые)	0	$10^2$	0	$10^2$
Коагулазонегативные	$10^4$	$10^5$	$10^4$	$10^4$
Лактобактерии	$\geq 10^6$	$10^2$	$10^7$	$10^2$
Бифидобактерии	$\geq 10^8$	$10^3 \dots 10^4$	$10^7 \dots 10^8$	$10^4 \dots 10^5$
Грибы рода Candida	0	$10^3$	0	$10^2$
Дрожжеподобные грибы	$10^3$	$10^3$	$10^3$	$10^3$
Споровые	$\leq 10^3$	$10^3 \dots 10^4$	$10^2 \dots 10^3$	$10^3 \dots 10^4$

Изучение соматометрических показателей у пациентов основной группы, получавших кисломолочный продукт "Витафлор", выявило большее снижение массы тела по сравнению с пациентами контрольной группы (табл. 4).

При этом следует отметить, что среднесуточная потеря массы тела пациентами основной группы составила 385,7 г, а контрольной группы — 214,3 г.

При изучении копрологических анализов установлено улучшение переваривающей способности кишечника, особенно мышечных волокон, растительной клетчатки и крахмала.

Были проведены бактериологические исследования фекалий до и после лечения кисломолочным продуктом "Витафлор". Исследования проводились по стандартной методике, определялось 14 параметров (табл. 5). В результате этих исследований было установлено, что на фоне употребления кисломолочного продукта "Витафлор", обладающего пробиотической активностью, произошло повышение общего количества основных представителей микрофлоры бифидобактерий и лактобактерий, увеличение количества кишечной палочки с нормальной ферментативной активностью, уменьшение уровня условно-патогенных энтеробактерий, золотистого стафилококка, грибов рода Candida (см. табл. 5).

Анализ полученных данных показывает, что при наличии начальной стадии дисбактериоза толстой кишки прием кисломолочного продукта "Витафлор" оказывает положительное нормализующее действие, проявляющееся как в повышении роста условно-патогенной микрофлоры, так и в стимулирующем росте симбиотических элементов микрофлоры (бифидобактерий, лактобактерий и кишечной палочки).

В результате положительного эндэкологического изменения в желудочно-кишечном тракте снижалась степень дисбактериоза кишечника, а у некоторых больных (26 %) и вовсе не регистрировался дисбактериоз после диетотерапии кисломолочным продуктом "Витафлор".

Закключение. На основании проведенных гигиенических и диетологических исследований можно рекомендовать пробиотический кисломолочный

продукт "Витафлор" в качестве дополнительного средства в профилактике и лечении избыточной массы тела и ожирения, особенно при сочетании с гипомоторными расстройствами желудочно-кишечного тракта и нарушениями микробиоценоза кишечника в количестве 150 мл продукта ежедневно в течение трех недель на ночь, с повторным курсом 3—4 раза в течение года.

## Список литературы

1. Бессесен Д. Избыточный вес и ожирение. Профилактика, диагностика и лечение: перев. с англ. / Д. Бессесен, Р. Кушнер. — М.: Бином, 2004. — 240 с.
2. Тутельян В. А., Самсонов М. А. Справочник по диетологии. 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Медицина, 2002. — 544 с.
3. Тутельян В. А., Гаптаров М. Г., Каганов Б. Е., Хальфин Р. А. Лечебное питание: современные подходы к стандартизации диетотерапии. — М.: Медицина, 2007. — 304 с.
4. Chaplin S. Type 2 Diabetes. Prevention and management / ILSI Europe Concise Monograph Series / S. Chaplin. — ILSI, 2005. — 35 p.
5. Шевченко И. А. Немедикаментозные методы лечения и профилактики сердечно-сосудистых заболеваний / И. А. Шевченко, А. С. Вершинин. — СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2011. — 374 с.
6. Moran T. H. Gut peptides in the control of food intake // S. Obesity. — 2009. — № 3. — С. 7—10.
7. Уголев А. М. Теория адекватного питания и трофология. — СПб.: Наука, 1991. — 272 с.
8. Шендеров Б. А. Медицинская микробная экология и функциональное питание. Т. 3. Пробиотики и функциональное питание. — М.: Грант, 2001. — 288 с.
9. Ожирение. Н. А. Белякова и др.; под ред. Н. А. Белякова, В. И. Мазурова. — СПб.: СПбМАПО, 2003. — 520 с.
10. Воробьев А. А., Несвижский Ю. В. Нормальная микрофлора человека как критерий физиологического и экологического благополучия // Мат. Всероссийской конференции с международным участием "Пробиотики и пробиотические продукты в профилактике и лечении наиболее распространенных заболеваний человека". — М., 1999. — С. 17—18.
11. Шендеров Б. А. Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома. — М.: Дели принт., 2008. — 31 с.
12. Доценко В. А. Практическое руководство по санитарному надзору за предприятиями пищевой и перерабатывающей промышленности, общественного питания и торговли: 3-е изд. перераб. и доп. — СПб.: Гиорд, 2011. — 832 с.
13. Петров Л. Н. Витафлор. Бактериальный препарат нового поколения для лечения и профилактики дисбактериозов. — СПб.: Санкт-Петербургская торгово-промышленная палата, 2003. — 68 с.

УДК 621.039.553:331.43

**Н. А. Анисимов**, гл. специалист, **Ш. В. Камынов**, канд. физ.-мат. наук, **М. И. Рылов**, генеральный директор, **О. В. Соколовская**, гл. экономист, Межотраслевой экспертно-сертификационный научно-технический и контрольный центр ядерной и радиационной безопасности (РЭСцентр), г. Санкт-Петербург  
E-mail: anisn@bk.ru

## Установление категории потенциальной опасности радиационных объектов

*Методические указания МУ 2.6.1.2005—05 содержат алгоритм, который служит достаточно четким руководством по классификации организаций, использующих радиационные источники, по степени потенциальной радиационной опасности. Практика использования Методических указаний позволила выработать условия для расчета последствий максимальной аварии, применимые для значительной доли перечня радиационных объектов, проанализированных в РЭСцентре с 2006 по 2010 годы.*

**Ключевые слова:** методические указания, гигиенические критерии, эффективная доза, мощность дозы, длительность воздействия, пространственные зоны, радиационный объект, категория объекта

**Anisimov N. A., Kamynov S. V., Rylov M. I., Sokolovskaya O. V. Category determination of radiation objects potential danger**

*Methodical instructions MI 2.6.1.2005—05 contain algorithm which serves as accurate enough management on classification of the organisations using radiating sources, by degree of potential radiating danger. Practice of use of Methodical instructions has allowed to develop conditions for calculation of consequences of the maximum failure, applicable for a considerable share of the list of the radiating objects analysed in RECcentre from 2006 for 2010.*

**Keywords:** methodical instructions, hygienic criteria, an effective dose, capacity of a dose, duration of influence, spatial zones, radiating object, an object category

В 2005 г. были введены в действие Методические указания МУ 2.6.1.2005—05 (далее — МУ) [1], которые содержат положения, по сути представляющие собой алгоритм определения категории потенциальной опасности радиационных объектов (РО).

Алгоритм предназначен для реализации положений Основных санитарных правил обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010) [2], в соответствии с которыми РО делятся на четыре категории потенциальной радиационной опасности, исходя из величины радиационного воздействия.

В МУ конкретизируется понятие радиационного воздействия и устанавливаются его пороговые значения — гигиенические критерии, привязанные к основным пределам эффективных доз, закрепленных в НРБ-99 [3] и составляющих для персонала групп А, Б и населения соответственно 20 мЗв, 5 мЗв и 1 мЗв.

Публикация МУ послужила достаточно четким руководством по классификации по степени радиационной опасности организаций, использующих радиационные источники (РИ), и вызвало поток работ по определению последствий возможных аварий, служащих для органов, осуществляющих санитарно-эпидемиологический надзор, и других уполномоченных органов, служб и субъектов организаций обоснованием для установления категории потенциальной радиационной опасности для конкретных объектов.

В период с 2006 по 2010 гг. в ООО "РЭСцентр" (далее — РЭСцентр) было выполнено порядка 200 работ по расчету последствий потенциальных радиационных аварий в организациях, имеющих РИ. В табл. 1 приведена классификация организаций, использующих РИ, и статистика данных работ.

Согласно МУ обоснование категории потенциальной опасности РО производится по результатам определения последствий максимальной аварии. Максимальной считается радиационная авария, при которой масштаб (территория) аварийного воздействия на персонал или население является наибольшим. Расчетной характеристикой, на основе которой производится категоризация объекта, является эффективная доза потенциального облучения лю-



дей. Если обозначить эффективную дозу потенциального облучения людей в различных пространственных зонах как  $D_i^{eff}$ , где  $i = 1$  — для помещений РО, где осуществляется непосредственное обращение с РИ;  $i = 2$  — для остальной территории РО;  $i = 3$  — для санитарно-защитной зоны (СЗЗ) РО;  $i = 4$  — для территории за пределами СЗЗ, то алгоритм определения категории РО можно представить в виде соотношений в табл. 2.

Приведенный в табл. 2 параметр  $D_i^n$  представляет собой минимальное из значений гигиенических критериев для лиц, нахождение которых до-

пускается в зоне  $i$  рассматриваемого объекта установленным на объекте режимом посещения.

Величина эффективной дозы  $D_i^{eff}$  является результатом радиационного воздействия, характеризующегося мощностью эффективной дозы  $MD_i^{eff}$  в течение времени — длительности радиационного воздействия  $t_D$ . В общем случае  $MD_i^{eff}$  — величина непостоянная:

$$D_i^{eff} = \int_{t_D} MD_i^{eff} dt.$$

Согласно МУ при расчете максимальной аварии необходимо учитывать самые неблагоприятные условия радиационного воздействия. Кроме того, расчеты доз потенциального облучения должны производиться "без учета дополнительных защитных мероприятий". Последняя фраза требует разъяснения, поскольку мероприятия, которые осуществляются при возникновении и ликвидации аварии, напрямую влияют на величины  $MD_i^{eff}$  и  $t_D$ .

В любой организации, имеющей на учете РИ, предусматривается штат сотрудников, ответственных за радиационную безопасность, а база организационно-распорядительной документации включает Инструкцию по действиям персонала в аварийных ситуациях, затрагивающих РИ, и План мероприятий по защите персонала и населения в случае аварий и ликвидации их последствий. Персонал, занятый в работах с РИ, в обязательном порядке проходит подготовку как по обращению с РИ в нормальных условиях, так и по действиям в аварийных ситуациях. Поэтому при оценке максимальных последствий возможных радиационных аварий является неоправданным игнорирование действий персонала. В связи с этим к "дополнительным защитным мероприятиям", которые согласно МУ не учитываются при расчете доз потенциального облучения, были отнесены только действия, не предусмотренные в указанных выше Инструкции и Плана мероприятий.

Обобщение результатов анализа возможных радиационных аварий и организационно-распорядительной документации в различных организациях, позволило выработать порядок определения времени радиационного воздействия и мощности эффективной дозы для оценки максимальных доз облучения людей, находящихся в помещениях, в которых произошла авария.

В случае радиационных аварий, связанных с потерей биологической защиты закрытых радионуклидных источников (ЗРНИ) или с отказом системы управления аппарата, приводящим к несанкционированному внешнему облучению от ЗРНИ,

Таблица 1

Статистика работ по обоснованию категории потенциальной опасности РО, выполненных РЭСцентром

№	Направления деятельности организаций	Количество выполненных работ
1	Разведка недр	14
2	Добыча и обогащение полезных ископаемых	10
3	Добыча, транспортирование и переработка энергоресурсов	12
4	Металлургическая промышленность	5
5	Целлюлозно-бумажная промышленность	14
6	Машиностроение и металлообработка	10
7	Хранение и захоронение РИ и РО	9
8	Медицина — диагностика	22
9	Медицина — терапия	25
10	Исследовательские работы	17
11	Использование РИ в авиапредприятиях	12
12	Использование и хранение РИ в войсковых частях	11
13	Транспортирование и утилизация РИ	10
14	Радиографический контроль	9
15	Дозиметрия	11
16	Прочие	10

Таблица 2

Таблица определения категории потенциальной опасности РО

	Категория РО			
	I	II	III	IV
Одновременное выполнение условий	—	—	$D_2^{eff} > D_2^n$	$D_2^{eff} \leq D_2^n$
	—	$D_3^{eff} > D_3^n$	$D_3^{eff} \leq D_3^n$	$D_3^{eff} \leq D_3^n$
	$D_4^{eff} > D_4^n$	$D_4^{eff} \leq D_4^n$	$D_4^{eff} \leq D_4^n$	$D_4^{eff} \leq D_4^n$
Примечание. Величина эффективной дозы в помещении РО, где осуществляется непосредственное обращение с радиационными источниками ( $D_i^{eff}$ ), в таблице не приводится, поскольку согласно МУ ее значение не влияет на установление категории потенциальной опасности РО.				



возможны два варианта действий персонала организации:

1) восстановление радиационной защиты источника путем его возвращения в штатную защиту радиационного прибора или перенесения в предусмотренный на случай аварии дополнительный защитный контейнер;

2) удаление людей из помещения, закрытие дверей с последующим вызовом специальной службы, в обязанности которой входит ликвидация данной аварии.

При первом варианте в качестве консервативных принимаются следующие условия: время ликвидации аварии составляет 0,5 ч, расстояние от источника — 1 м (персонал использует дистанционный инструмент), контактное облучение связано с воздействием на кожу в течение 2 мин. Дополнительные средства радиационной защиты, кроме предусмотренных для работы персонала в штатном режиме, не учитываются. В течение 0,5 ч считается также возможным облучение лиц, находящихся вне помещения.

При втором варианте время, требуемое для покидания помещения, устанавливается равным 15 мин. Расстояние до источника в течение этого времени принимается равным 1 м. Возможность контактного облучения исключается. Облучение лиц, находящихся вне помещения, считается возможным в течение 1 ч (предполагается, что после этого времени завершается эвакуация лиц из радиационно опасной зоны).

Мощность дозы внешнего излучения при аварии с потерей радиационной защиты связана с расстоянием от источника и свойствами поглощения излучения стенами и перекрытиями. При наличии сведений о конструкции объекта определение мощности дозы  $MD_i^{eff}$  сложности не представляет, и для проведения консервативных оценок выбирается наибольшее из ее возможных значений для рассматриваемой зоны.

При разгерметизации ЗРНИ или обращении с открытыми радионуклидными источниками (ОРНИ) необходимо учитывать возможность загрязнения окружающего пространства и, как следствие, поступления радионуклидов внутрь организма и внешнего облучения от облака.

Скорость поступления радионуклидов в воздушное пространство из разгерметизированного ЗРНИ или ОРНИ зависит от конструкции защитной оболочки, физико-химических свойств радиоактивных веществ (РВ), условий повреждения источника. Определение ее величины приведено в [4] и представляет собой отдельную тему, выходящую за рамки рассмотрения данной статьи.

В качестве консервативных условий развития аварии для помещения, в котором находится РИ, принимается, что система вентиляции отключена (что является одним из требований при возникновении пожара), и аэрозольная фракция выходящего из источника РВ (для твердого вещества) или радиоактивный газ равномерно заполняют объем помещения. Равномерность распределения активности в воздушном пространстве является осреднением, с одной стороны, справедливым для относительно небольших помещений при отсутствии вентиляции, а с другой, позволяющим оценить дозы облучения людей при их перемещении внутри помещения в ходе ликвидации аварии. В случае больших (цеховых) помещений необходимо вводить поправку на неравномерность распределения активности в объеме, задаваемую из диапазона 2—5 в зависимости от геометрии помещения [4].

Исходя из данных условий получается, что  $MD_i^{eff}$  при постоянной скорости выхода РВ из источника является линейной функцией времени. Это справедливо для РВ в виде твердого вещества. Однако в случае жидкого или газообразного РВ содержимое РИ может перейти в воздушное пространство помещения достаточно быстро. Тогда

$MD_i^{eff}$  принимается постоянной величиной, определяемой всем количеством распределенного в объеме помещения РВ, исходно содержащимся в РИ.

Длительность радиационного воздействия на людей, находящихся в помещении, в котором произошла авария, принимается равной 1 ч, поскольку считается, что этого времени достаточно для принятия экстренных мер по ликвидации аварии, оценки возможных последствий и определения последующих действий с учетом выявленных к этому времени параметров радиационной опасности.

Вне помещений согласно п. 6.3 МУ "при расчетах доз потенциального облучения на территории радиационного объекта и в его СЗЗ время пребывания облучаемых лиц следует принимать равным 8 ч в день, а за пределами СЗЗ — пребывание следует считать постоянным".

Распространение РВ за пределами зданий в случае аварий, связанных с разгерметизацией ЗРНИ, в большинстве случаев происходит в сложной геометрии затесненной застройки. В этих условиях для достижения приемлемой точности расчетных оценок концентрации РВ в воздухе и соответственно  $MD_i^{eff}$  необходимо использование моделирования воздушных потоков с применением аппарата вычислительной гидродинамики. Консервативные условия выхода РВ за пределы здания соответствуют поступлению РВ через наиболее низко расположенные проемы — окна или наруж-



ные двери со скоростью, соответствующей скорости выхода РВ в воздушное пространство из поврежденного источника.

Таким образом, с помощью приведенных допущений в большинстве случаев могут быть заданы значения  $t_D$  и характеристики расчета  $MD_i^{eff}$  для консервативных условий облучения как внутри, так и снаружи помещений — на территории РО и, если требуется — в его СЗЗ и за пределами СЗЗ.

Необходимо отметить, что с введением НРБ-99/2009 [5] претерпела существенные изменения трактовка понятия "объект радиационный". В новой терминологии РО рассматривается не как организация, а как физический объект (сооружение, здание, огороженный комплекс зданий), где осуществляется обращение с техногенными источниками ионизирующего излучения [6]. Данное изменение приводит к тому, что организация может иметь несколько радиационных объектов на одной территории, а под термином "остальная территория РО", который используется в МУ для обоснования категории объекта по радиационной безопасности, теперь следует понимать территорию организации вне расположенных на ней РО. Однако, несмотря на эти изменения, алгоритм определения категории потенциальной опасности РО, приведенный в МУ, оказался вполне к ним приспособленным.

Большинство объектов (см. табл. 1), для которых РЭСцентром были выполнены расчеты последствий максимальных аварий, хорошо вписывались в представленную схему обоснования категории потенциальной опасности РО. Это обусловлено наличием физических разграничений между пространственными зонами: отделенные стенами от остальной территории помещения, в которых осуществляется обращение с РИ; забор или стены, отгораживающие территорию организации от внешней территории, где возможно свободное посещение лиц категории "население" или работников других организаций.

Однако в ряде случаев обнаружилось особенности, заслуживающие отдельного рассмотрения, связанные с тем, что указанные границы в явном виде отсутствуют и требуются дополнительные условия для определения разграничений между пространственными зонами. К таким случаям относятся:

- цеховые помещения;
- радиационные объекты, включающие одно или несколько помещений, но не все, находящиеся в здании;
- здания, находящиеся на границе территории организации;
- РО, располагающиеся в зданиях, но не имеющие своей территории;

— места проведения работ с использованием РИ на открытой местности;

— расположенное вне помещений технологическое оборудование, оснащенное радиоизотопными приборами (РИП);

— буровые платформы.

В производствах, связанных с обогащением полезных ископаемых, металлургией, изготовлением бумажного полотна, и в ряде других случаев РИ устанавливаются на оборудовании, расположенном в цеховых помещениях. Как правило, значительная доля занятых в производственном процессе людей, находящихся в цехах, непосредственного отношения к обслуживанию РИП не имеет и может принадлежать к категориям: персонал группы Б или "население". Для выполнения требований НРБ-99/2009 производится огораживание некоторого участка вокруг РИ для установления режима ограничения доступа посторонних лиц в потенциально опасную зону. Тогда статус радиационного объекта приобретает только данный участок (или несколько подобных участков внутри цеха), а при обосновании категории потенциальной опасности РО пространство: внутри цеха вне границ РО и снаружи здания до границ территории организации — трактуется как "остальная территория РО".

Аналогичная ситуация возникает там, где к радиационным объектам относятся не все, а только некоторые помещения, имеющиеся в здании, что характерно для научно-исследовательских институтов, а также медицинских учреждений, занимающихся диагностикой и лечением заболеваний с использованием РИ. Данная особенность, как и в случае с цеховыми помещениями, приводит к тому, что категория потенциальной опасности РО может быть выше IV даже, если при максимальной аварии дозы облучения людей, находящихся снаружи здания, будут ниже величин гигиенических критериев.

Следующий пример относится к случаям РО, не имеющих территорию или находящихся на границе организации. На рис. 1 (см. 3-ю стр. обложки) приведен результат расчета последствий радиационной аварии в одном из медицинских учреждений. Здание, в котором используются РИ, находится на границе территории учреждения, а выход активности вследствие аварии в помещении возможен из окна, обращенного в сторону улицы.

Согласно данным, приведенным на рис. 1, максимальное значение мощности дозы облучения людей, находящихся при аварии на городской улице составляет ~5 мЗв/ч, и при длительности аварии (времени выхода активности) около 1 ч, доза облучения людей, относящихся к категории "население", может превысить значение соответствующего



гигиенического критерия. В данном случае свободно посещаемая городская улица не относится к территории учреждения и не может быть его СЗЗ. Поэтому формально согласно МУ, учреждению следует присвоить I категорию потенциальной опасности РО. В связи с этим было рекомендовано ликвидировать оконный проем в помещении с РИ. В этом случае перед выходом активности наружу здания ее распространение будет происходить по соседним помещениям или по системе вентиляции. При этом мощность дозы возможного облучения людей, находящихся снаружи, существенно снижается, что подтверждается результатами расчета, приведенными на рис. 2.

Исходя из результатов, приведенных на рис. 2 (см. 3-ю стр. обложки), при выбросе РВ по системе вентиляции площадь распространения активности будет выше, чем в случае выброса через оконный проем, однако дозы возможного облучения населения оказываются существенно ниже значений гигиенических критериев. В связи с этим потенциальная опасность данного РО снижается до показателя, не превышающего III категорию.

Приведенные результаты расчета последствий радиационной аварии в медицинском учреждении являются одним из примеров, демонстрирующих особенности использования МУ для категоризации РО, в которых отсутствует одна или несколько пространственных зон. Более полное рассмотрение и разбор других примеров намечено выполнить в одной из последующих статей.

В заключение следует отметить, что распространение РВ в воздушном пространстве приводит к осаждению РВ на поверхности и к их остаточному загрязнению, которое служит источником внешнего облучения, а также возможного загрязнения воздушного пространства и пищевых продуктов.

Анализ имеющихся результатов показал, что максимальные значения доз облучения людей после аварии вследствие остаточного радиоактивного загрязнения поверхностей в подавляющем числе случаев оказываются ниже доз облучения, которые они могут получить при аварии. Потому радиоактивное загрязнение поверхностей, а также перенос РВ по пищевым цепочкам являются факторами, фактически не влияющими на установление категории потенциальной опасности РО.

Выполненные работы показали удобство и достаточную эффективность алгоритма определения категории потенциальной опасности радиационных объектов, заложенного в МУ. Использование алгоритма позволяет проводить не только четкое разграничение РО по показателю потенциальной радиационной опасности, но и устанавливать приоритеты при разработке мер, служащих для повышения защищенности персонала и населения при возможных радиационных авариях.

#### Список литературы

1. **Установление** категории потенциальной опасности радиационного объекта. Методические указания. МУ 2.6.1.2005-05. — М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2005.
2. **Основные санитарные правила** обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ-99/2010). — М.: Роспотребнадзор, 2010.
3. **Нормы** радиационной безопасности (НРБ-99). — М.: Роспотребнадзор, 1999.
4. **Методика** расчета экономического ущерба от радиационных аварий при использовании радиоактивных веществ в народном хозяйстве. — С.-Петербург, ООО "РЭСцентр", рег. № Р-03/98, 1998 (в редакции 2006 г.).
5. **Нормы** радиационной безопасности (НРБ-99/2009). — М.: Роспотребнадзор, 2009.
6. **Горский А. А.** и др. О нормах радиационной безопасности НРБ-99/2009 // АНРИ. — 2009. — № 4. — С. 18—20.

## Информация

### 8-я Международная научно-практическая конференция "РЕЦИКЛИНГ, ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ И ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ"

23 октября 2012 года, Москва

Широкий спектр вопросов, связанных с энергосбережением, технологиями, оборудованием для переработки отходов, экологической безопасностью и управлением отходами, защитой окружающей среды

Организатор: ФГУП «Институт «ГИНЦВЕТМЕТ»

Адрес: 129515 Москва, ул. Академика Королева 13, 5-й этаж, конференц-зал

Телефоны для справок: (495) 617-30-85; 617-30-76; факс: (495) 615-58-21

E-mail: conference.gin@mail.ru; gintsvetmet.msk@gmail.com

Сайт: www.gintsvetmet.ru

УДК 628.316.13

**Е. В. Алексеев**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, Московский государственный строительный университет  
E-mail: alex\_2047@mail.ru

## Соли жесткости в сточных водах — загрязняющие вещества или реагенты для их очистки

*Показана возможность использования загрязняющих веществ, таких как соли кальция и магния, сбрасываемых станциями ионитового умягчения воды, в качестве естественных растворов реагентов в процессах реагентной очистки других категорий сточных вод. Приведены принципиальные схемы формирования и очистки потоков сточных вод красильно-отделочных производств.*

**Ключевые слова:** гидроксиды кальция и магния, сточные воды, реагентная очистка сточных вод

**Alekseev E. V.** *The dissolved salts of hardness in wastewaters are pollutants or chemicals for their purification*

*The opportunity of use of pollutants, such as are shown to salt of calcium and the magnesium, as solutions of reagents in processes of chemical treatment of wastewater. Basic schemes of formation and purification of streams of the coloured manufactures wastewater are resulted.*

**Keywords:** calcium hydroxide and magnesium hydroxide, wastewater, chemical treatment

В природных водах, используемых человеком, содержится значительное количество соединений кальция и магния, которые играют важную роль в общем экологическом взаимодействии живой и минеральной природы.

Влияние кальция и магния на процессы формирования природных вод, самоочищения водоемов, стабилизацию химического равновесия в окружающей среде общеизвестно и неоспоримо. Можно с уверенностью утверждать, что благодаря соединениям кальция и магния поддерживается экологическое равновесие в природе.

Во многих отраслях промышленности огромные объемы воды подвергаются умягчению с уменьшением в них содержания именно ионов кальция и маг-

ния. На процессах удаления из воды кальция и магния основана практически вся водоподготовка теплоэнергетики, многих отраслей промышленности, а в ряде регионов и питьевого водоснабжения.

В большинстве случаев умягчение воды осуществляется методом ионного обмена с использованием катионитов. В процессе регенерации натрий-катионитовых фильтров, кроме солей, содержащихся в исходной воде, в канализацию отводятся концентрированные растворы продуктов регенерации катионита —  $\text{CaCl}_2$  и  $\text{MgCl}_2$ . Так, со сточными водами от процессов умягчения волжской воды сбрасывается около 80 кг  $\text{Ca}^{2+}$  и более 20 кг  $\text{Mg}^{2+}$  на каждую тысячу кубометров обработанной воды.

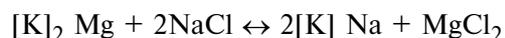
В технологических процессах очистки воды эти растворы (сбросы установок водоумягчения) целенаправленно практически не применяют. Тем не менее, трансформация некоторых загрязняющих веществ, присутствующих в сточных водах, в составе реагирующих смесей для очистки воды представляется достаточно перспективным направлением развития технологии очистки сточных вод. Практическая реализация этого принципа позволяет, наряду с решением целевой задачи — очистки воды, сократить расход реагентов, уменьшить их остаточное содержание в очищенной воде и общую массу осадков и шламов.

Одним из возможных путей развития этого направления может быть использование соединений кальция и магния для соосаждения и сорбции других загрязняющих веществ сточных вод промышленных предприятий.

Особенностью водного хозяйства предприятий легкой промышленности является использование больших количеств умягченной воды. В зависимости от профиля предприятия потребность в умягченной воде может составлять до 40 % общего водопотребления.

На установках ионитового умягчения воды регенерация катионита [К] после исчерпания его об-

менной емкости осуществляется 5...10 %-ным раствором хлорида натрия по схеме:



В результате этого процесса в отмывочные воды переходят анионы хлора, катионы кальция и магния, содержание которых может достигать более 600 мг-экв/л. Как правило, эти воды сбрасываются в систему водоотведения промышленного предприятия.

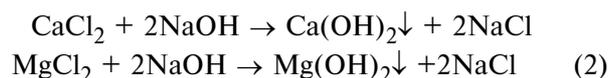
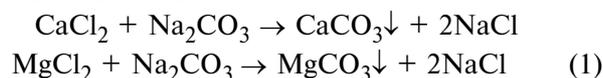
В качестве примера рассмотрим схему водопотребления и формирования сточных вод красильно-отделочного производства легкой промышленности (рис. 1).

Источником водоснабжения предприятий часто является коммунальный водопровод с частичной подпиткой из артезианских скважин. Вода, поступающая на предприятие из источника водоснабжения, разделяется на два потока: производственная без предварительной обработки *В0* и производственная умягченная *В6*, часть которой используется для питания котлов и получения пара.

По условиям технологических процессов производства допускается вода, содержащая соли кальция и магния до 7 мг-экв/л по показателю "жесткость", и умягченная на 1-й ступени ионообменных фильтров *1* с "жесткостью" до 0,1 мг-экв/л. Для нужд паро- и теплоснабжения предприятия используется вода, умягченная до "жесткости", равной 0,02 мг-экв/л. Эта часть воды умягчается на ионообменных фильтрах 1-й и 2-й ступеней *1* и *2*.

В систему водоотведения предприятия, наряду с производственными сточными водами *К3* — концентрированными и промывными, сбрасываются отработанные регенерационные растворы и отмывочные воды станции водоумягчения *К3*, а также сточные воды от котельной.

Выделение кальция и магния из отработанных регенерационных растворов в виде осадков принципиально возможно с использованием реагентов, образующих малорастворимые соединения [1]. Образование малорастворимых соединений кальция и магния, находящихся в отмывочных растворах с принятыми реагентами, происходит по следующим суммарным реакциям:



Принципиально эти реакции позволяют получить одновременное выделение осадков кальция и магния в одну ступень. При этом массовое отношение гидроксидов кальция и магния в осадке будет зависеть от их содержания в отмывочных водах, растворимости гидроксидных форм и достаточности реагентов.

Реакция взаимодействия отмывочных вод с гашеной известью позволяет выделить в осадок в основном гидроксид магния при сохранении начальной величины жесткости воды за счет эквивалентного образования хлорида кальция:



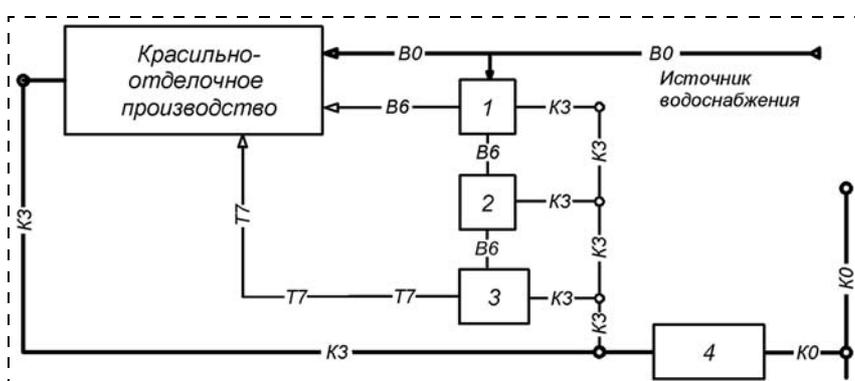
Для удаления соединений кальция в этом случае необходимо реализовать известный механизм известково-содового метода умягчения воды с использованием реакции (1) [2].

Обобщенные данные по показателям растворимости осадков, получаемых в соответствии с реакциями (1) и (2), приведены в таблице.

Приведенные значения содержания катионов кальция и магния, а также жесткость воды после их отделения показывают целесообразность получения осадков в формах  $CaCO_3$  и  $Mg(OH)_2$  с позиций наиболее полного их осаждения.

В то же время, получение осадков в этих формах невозможно в одну стадию и, как следует из приведенных реакций, с использованием только одного вида реагента. При использовании гидроксида натрия в области высоких значений рН возможно совместное выпадение гидроксидных осадков кальция и магния.

Карбонат кальция и гидроксид магния способны образовывать пересыщенные растворы, которые достаточно медленно приближаются к равновесному состоянию. Это ограничивает реальный предел остаточного содержания



**Рис. 1. Принципиальная схема водного хозяйства красильно-отделочного производства:** 1 и 2 — ионообменные фильтры 1-й и 2-й ступеней; 3 — котельная; 4 — очистные сооружения; *В0* и *В6* — вода из источника и умягченная; *К0* и *К3* — канализация общего назначения и производственных сточных вод; *Т7* — паровое теплоснабжение



### Свойства гидроксидов и карбонатов кальция и магния

Малорастворимое соединение (МРС)	Произведение растворимости (ПР)	Содержание катиона в воде при равновесном состоянии		Жесткость воды после осаждения МРС, мг-экв/л
		г-ион/л	мг/л	
CaCO <sub>3</sub>	$4,8 \cdot 10^{-9}$	$6,93 \cdot 10^{-5}$	2,8	0,035
Ca(OH) <sub>2</sub>	$3,1 \cdot 10^{-5}$	$1,11 \cdot 10^{-2}$	446	5,55
MgCO <sub>3</sub>	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$5,09 \cdot 10^{-3}$	124	2,54
Mg(OH) <sub>2</sub>	$5,0 \cdot 10^{-12}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	3,16	0,065

этих соединений величиной 0,5...1,0 мг-экв/л. В технологии реагентного умягчения воды часто применяют значения pH несколько выше равновесного. Достаточным считают повышение pH до 9,6 для удаления карбоната кальция и до 10,9 — гидроксида магния.

В практике умягчения природных вод реагентными методами известны случаи снижения эффективности этого процесса вплоть до 15...20 %. Многие органические коллоидные и молекулярно-ионные соединения в результате сорбции на зародышевых центрах кристаллизации карбоната кальция и гидроксида магния препятствуют дальнейшему их росту и агломерации.

Явление коллоидной защиты достаточно часто встречается при реагентной обработке сточных вод, содержащих неполярные органические соединения, например, ПАВ. В связи с этим осадки, образуемые малорастворимыми соединениями кальция и магния, при условии выделения их из отмывочных вод станций водоумягчения, должны обладать не только высокой сорбционной емкостью по отношению к загрязняющим веществам сточных вод, но и достаточно эффективно формировать твердую фазу, способную к осаждению.

Применительно к сточным водам легкой промышленности, представлялось целесообразным рассмотреть достаточно дешевые, доступные осадкообразующие реагенты, используемые в основном производственном процессе. Кроме этого, было бы нежелательным применение веществ, обогащающих воду продуктами химических взаимодействий, значительно ухудшающими ее качество. В соответствии с этим были выбраны гидроксид натрия и карбонат натрия.

Для получения сопоставимых данных были изучены условия формирования гидроксидов и карбонатов кальция и магния из растворов их солей при добавлении стандартных однонормальных растворов (1н = 1 г-экв/л) гидроксида и карбоната натрия. На рис. 2 приведены типичные формы зависимости pH от объема добавленного щелочного раствора.

Обработка результатов титрования растворов солей магния и кальция щелочью позволила устано-

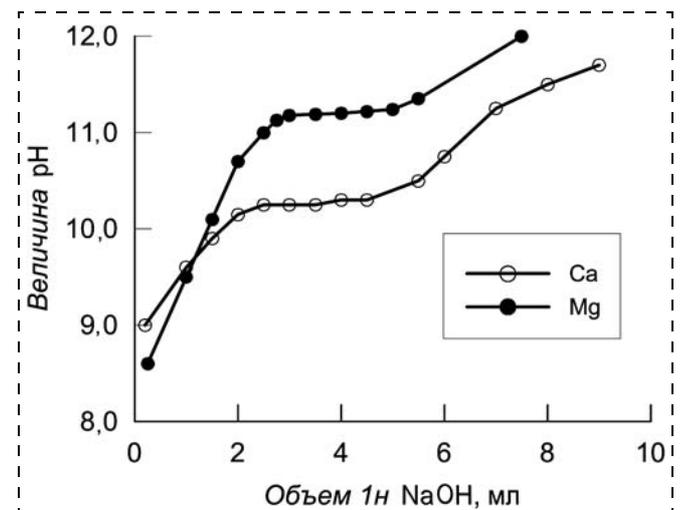


Рис. 2. Кривые изменения pH при титровании растворов солей кальция и магния 1н раствором гидроксида натрия

вить диапазоны pH, соответствующие образованию осадков в форме гидроксидов, равные 11,1...11,3 и 10,2...10,4 для магния и кальция соответственно.

Титрование солей кальция раствором карбоната натрия приводило к аналогичному виду зависимостей с образованием осадка карбоната кальция в интервале значений pH = 9,5...9,6. Результаты титрования солей магния раствором соды (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) показывают, что увеличение pH происходит с образованием хлопьев до значения pH = 10,8...11,1. Далее величина pH стабилизируется на этом значении и мутность полученного раствора не меняется. Взаимодействие солей магния с содой наиболее вероятно идет с образованием комплексной основной соли, как результат гидролиза карбоната натрия. Полученные данные позволяют сделать вывод о малой пригодности этого осадка для применения в качестве реагента при решении задач очистки сточных вод.

Важно отметить, что во всех опытах получаются и хорошо воспроизводятся кривые титрования (изменения pH), обладающие характерными участками, отражающими определенные изменения в системе.

Поскольку сточные воды станций водоумягчения в общем случае содержат одновременно соли кальция и магния, в дальнейшем было принято использование в качестве основного реагента гидроксида натрия как эффективного образователя осадков обоих ионов.

Кроме решения основной задачи — определения оптимальных условий получения осадков представляется интересным применение метода титрования для идентификации содержания и превращений ионов, обуславливающих постоянную жесткость воды [3].

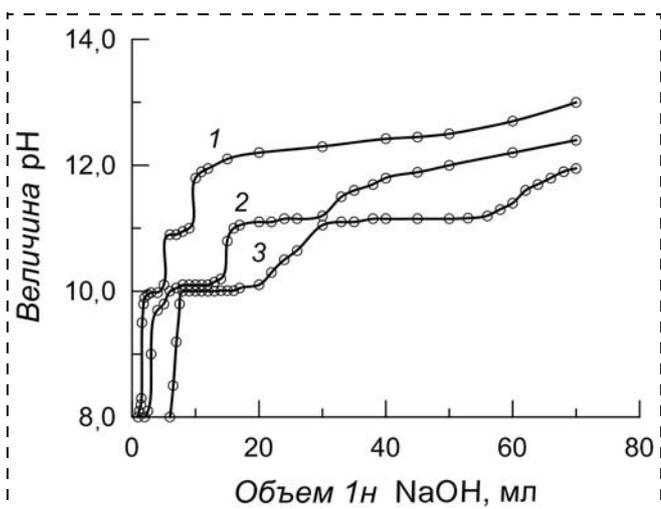


Рис. 3. Кривые титрования отмывочных вод *Na*-катионитовых фильтров с жесткостью:

1 — 50 мг-экв/л; 2 — 260 мг-экв/л; 3 — 480 мг-экв/л

Осаждения гидроксидов из отмывочных вод станции ионитового умягчения промышленного предприятия осуществлялось гидроксидом натрия. Эти воды характеризовались величиной постоянной жесткости 50, 260 и 480 мг-экв/л (рис. 3).

В процессе титрования отмывочных вод начало образования хлопьев дисперсной фазы отмечалось при изменении pH в интервале 10,1...10,3. Это значение сохраняется при увеличении объема добавленной щелочи, образуя первое плато на кривой титрования. В этой области отмечается значительное увеличение количества образующейся дисперсной фазы. Дальнейшее титрование приводит к увеличению pH до 11,0...11,2, после чего его величина стабилизируется, образуя второе плато. В этом диапазоне изменяется структура образующегося осадка. Сопоставляя получаемые зависимости титрования отмывочных вод с кривыми титрования осадков кальция и магния (см. рис. 2), видно достаточно близкое положение плато по величине pH, соответствующее образованию гидроксидов кальция и магния. Одновременно наблюдается хорошее согласование объемов щелочи, пошедшей на титрование в интервалах первого и второго плато, с показателем постоянной жесткости соответствующих вод. Характерно, что в водах, содержащих одновременно ионы кальция и магния, с повышением доли кальция по отношению к магнию, увеличивается эффект осаждения дисперсной фазы и снижение периода уплотнения осадка. Объем получаемого осадка при этом пропорционален соотношению кальция и магния в составе сточных вод.

Для оценки эффективности применения осадков, выделяемых из отработанных регенерационных растворов ионитовых фильтров, в системе очистки ре-

альных сточных вод текстильного предприятия, были проведены испытания с использованием отстойника в качестве разделительной ступени. Качество очищенной воды оценивалось по стандартным методикам. Продолжительность отстаивания в среднем составляла 60 мин (рис. 4).

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод, что взаимодействие загрязняющих веществ реальных сточных вод со свежесформированными осадками гидроксидов кальция и магния происходит по адсорбционному механизму. Наибольшая эффективность очистки (более 90 %) достигается по дисперсным примесям, поглощаемым гидроксидами в момент формирования структуры осадка, и красителям. Извлечение углеводородов, таких как нефтепродукты и ПАВ не превышает 40 %, что можно объяснить гидрофильной природой оксигидратов кальция и магния. Изменение показателя ХПК адекватно извлечению органической части загрязняющих веществ.

В качестве примера рассмотрим усовершенствованную схему формирования потоков сточных вод красильно-отделочного производства легкой промышленности с объемом водопотребления 1000 м<sup>3</sup>/сут. и использованием сточных вод от ионообменных установок (рис. 5).

Распределение водных потоков в усовершенствованной схеме следующее: вода из источника водоснабжения — 600 м<sup>3</sup>/сут.; вода, поступающая на умягчение — 400 м<sup>3</sup>/сут. Умягчение воды осуществляется с использованием катионита КУ-2 на одноступенчатых фильтрах для получения воды, на-

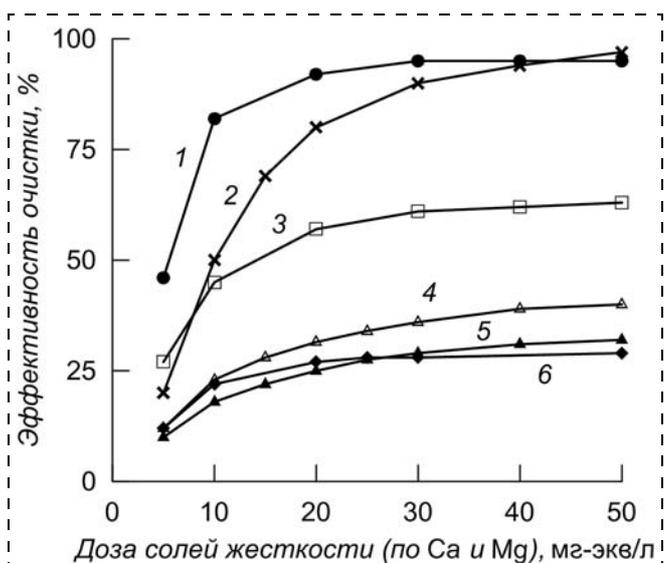


Рис. 4. Влияние дозы солей жесткости на эффективность очистки производственных сточных вод:

1 — интенсивность окраски воды по разбавлению; 2 — взвешенные вещества; 3 — ХПК; 4 — анионные ПАВ; 5 — неионогенные ПАВ; 6 — нефтепродукты

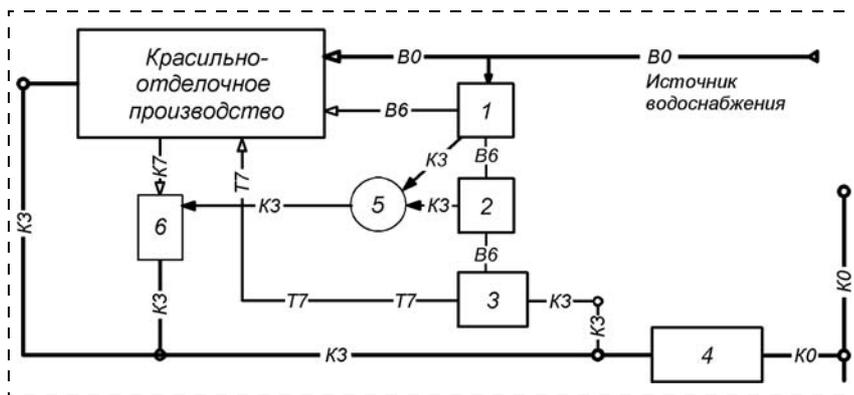


Рис. 5. Принципиальная схема водного хозяйства красильно-отделочного производства с использованием сточных вод станции умягчения воды:

1 и 2 — ионообменные фильтры 1-й и 2-й ступеней; 3 — котельная; 4 — основные очистные сооружения; 5 — накопительная емкость; 6 — локальные очистные сооружения концентрированных сточных вод; B0 и B6 — вода из источника и умягченная; K0, K3 и K7 — канализация общего назначения, производственная и концентрированных сточных вод; T7 — теплоснабжение

правляемой в производство, и на двухступенчатых — для нужд котельной.

Ежесуточный сброс сточных вод со станции ионитового умягчения — 25 м<sup>3</sup>/сут, в том числе сброс отработанных регенерационных растворов — около 5 м<sup>3</sup>. Средняя концентрация солей жесткости в отработанных регенерационных растворах — более 500 мг-экв/л, а в отмывочных водах вместе с отработанными регенерационными растворами — 110 мг-экв/л.

Общее количество сточных вод, поступающих на очистные сооружения предприятия — 975 м<sup>3</sup>/сут. В предлагаемой схеме все сточные воды станции водоумягчения отводятся в накопительную емкость 5 по одной системе трубопроводов в сборный резервуар, откуда забираются на очистные сооружения концентрированных производственных сточных вод (6) в качестве реагента.

Эффективное использование солей жесткости в качестве осадкообразующих реагентов для очистки сточных вод целесообразно при их содержании не менее 15...20 мг-экв/л. Это достигается разделением общего потока производственных сточных вод на концентрированные и умеренно загрязненные воды.

Поток концентрированных вод отводится специальной системой трубопроводов K7 на локальные очистные сооружения 6, где сточные воды от ионообменных установок используют в качестве раствора основных реагентов. Содержание ионов кальция и магния в обрабатываемой воде при этом составит около 20 мг-экв/л. Далее, частично очищенные сточные воды поступают в систему производственного водоотведения K3 и направляются на очистные сооружения общего назначения. Таким образом, в систему производственного водоотведения поступают

поток умеренно загрязненных стоков от производства, предварительно очищенные концентрированные сточные воды и сточные воды от котельной.

Технология использования солей жесткости в качестве реагентов на локальных очистных сооружениях включает стадии корректирования pH, формирования гидроксидной дисперсии, коагуляции и сорбции загрязняющих веществ, а также стадию отделения дисперсной фазы (рис. 6).

Концентрированные сточные воды из отделения усреднения поступают в смеситель. Туда же подают раствор солей жесткости из накопительной емкости и раствор щелочи для повышения величины pH. В результате взаимодействия реагентов в смесителе происходит

образование малорастворимых соединений кальция и магния, связывание красителей и других дисперсных примесей в осаждаемый комплекс. Отделение малорастворимых комплексов осуществляется в отстойнике со встроенной камерой хлопьеобразования. Интенсификация гравитационного осаждения достигается подачей раствора полиэлектролита.

В результате осуществления локальной очистки концентрированных сточных вод на основные сооружения предприятия поступает значительно меньше загрязняющих веществ. Очищенный по этой технологии концентрированный поток воды приближается по показателям к потоку умеренно загрязненных сточных вод, но имеет более низкую щелочность.

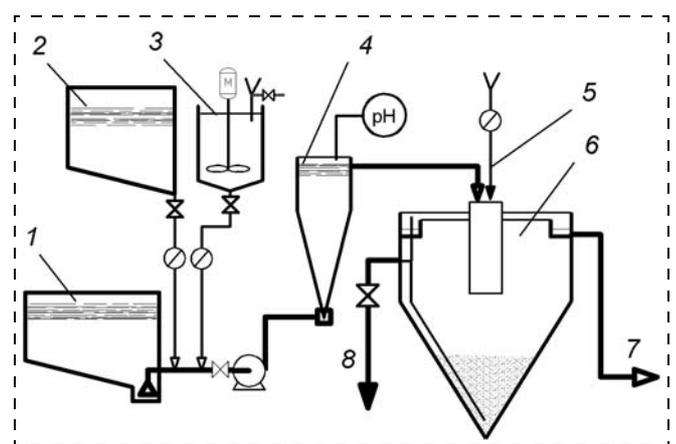


Рис. 6. Принципиальная схема локальной очистки концентрированных сточных вод с использованием солей жесткости:

1 — усреднитель сточных вод; 2 — накопительная емкость сточных вод от станции водоумягчения; 3 — приготовление и дозирование раствора щелочи; 4 — смеситель; 5 — дозирование раствора полиэлектролита; 6 — отстойник; 7 — очищенные воды; 8 — выпуск осадка



### Заключение

1. Использование части загрязняющих веществ сточных вод в качестве составляющих для реакций, приводящих к их очистке — одно из приоритетных направлений в технологии очистки воды.

2. Процессы очистки сточных вод, основанные на использовании солей жесткости, получаемых на установках умягчения воды, могут быть применены также для повышения эффективности работы существующих очистных сооружений промышленных предприятий. Технично-экономическими расчетами, выполненными на примере красильно-отделочного произ-

водства текстильной промышленности, установлено, что разработанная система отведения и очистки сточных вод экономически целесообразна и позволяет снизить себестоимость очистки воды в 1,3 раза.

### Список литературы

1. Сомов М. А., Журба М. Г. Водоснабжение. Т. 2. Улучшение качества воды: учеб. для вузов. — М.: Изд-во АСВ, 2008.
2. Клячко В. А., Апелцин И. Э. Очистка природных вод. — М.: Стройиздат, 1971.
3. Алексеев Е. В. Физико-химическая очистка сточных вод. — М.: Изд-во АСВ, 2007.

УДК 621.039.7

**О. А. Завальцева**, канд. биол. наук, доц., Ульяновский государственный университет, **В. В. Светухин**, д-р физ.-мат. наук, директор, **Д. Я. Вострецов**, канд. физ. наук, ст. науч. сотр., **К. И. Ильин**, асп., **Л. В. Коновалова**, асп., начальник лаборатории, Ульяновский государственный университет, Научно-исследовательский технологический институт  
E-mail: z.olga1979@mail.ru

## Использование микроволновых технологий для подготовки радиационно-загрязненного грунта к приповерхностному захоронению

*Исследована сорбция разных типов почв (чернозем выщелоченный, серая лесная, аллювиальная дерновая) и донных отложений по отношению к Sr, Co, Cs в различных условиях эксперимента. Рассмотрена возможность использования микроволновой вакуумной установки для подготовки радиационно-загрязненного грунта к приповерхностному захоронению.*

**Ключевые слова:** радиоактивное загрязнение почв, микроволновые технологии, захоронение

**Zavaltzeva O. A., Svetuhin V. V., Vostretcov D. J., Ilyin K. I., Konovalova L. V. Use of microwave technologies for preparation of the radiations-polluted ground to on surface the burial place**

*It is investigated the sorption of different types of soils (leach chernozem, gray wood, alluvial cespitose) and ground adjournment in relation to Sr, Co, Cs in various experimental conditions. Possibility of use of microwave vacuum installation for preparation of the radiation-polluted ground to on surface to the entombment is considered.*

**Keywords:** radioactive pollution of soils, microwave technologies, entombment

### Введение

В последнее время события, происходящие в области атомной энергетики, вызывают определенный интерес всего мирового сообщества. Крайнюю озабоченность проявляют многие исследователи в связи с последствиями аварии на АЭС "Фукусима" в Японии. Подобные чрезвычайные ситуации могут иметь катастрофические последствия, связанные с радиоактивным загрязнением объектов окружающей природной среды, в том числе и с опасным влиянием на человека. Одним из следствий таких крайне неблагоприятных ситуаций является масштабное загрязнение радионуклидами почв. В связи с этим возникает необходимость в поиске и разработке способов и технологий по обезвреживанию и экологически безопасному захоронению радиационно-загрязненного грунта.

В экологическом отношении наибольшую опасность представляют  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$ , что обусловлено длительным периодом полураспада (28 лет  $^{90}\text{Sr}$  и 33 года  $^{137}\text{Cs}$ ), высокой энергией излучения и способностью легко включаться в биологический круговорот, в цепи питания. Стронций по химическим свойствам близок к кальцию и входит в состав кос-



тных тканей, а цезий близок к калию и включается во многие реакции живых организмов.

После Чернобыльской аварии некоторые территории Европейской части РФ были загрязнены техногенными радионуклидами. Радиационная обстановка на этих территориях до сих пор определяется наличием долгоживущего продукта аварии —  $^{137}\text{Cs}$ . На Азиатской территории России имеется несколько зон, загрязненных в результате радиационных аварий на предприятиях ядерного топливного цикла [1]. Радиационно загрязненные земли предприятий Росатома составляют  $377 \text{ км}^2$  (78,3 %), а загрязненные водоемы —  $104,4 \text{ км}^2$  (21,7 %). Причем следует отметить, что подавляющая часть территорий загрязнена радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{60}\text{Co}$  (97,31 %).

Почва как сложная многофазная система, в которой постоянно протекают физические, химические и биологические процессы, оказывает значительное влияние на формирование миграционных потоков радионуклидов во внешней среде.

Одной из главных проблем при выполнении работ по дезактивации радиационно-загрязненной территории является необходимость достижения содержания воды в грунте при захоронении его в поверхностном пункте захоронения радиоактивных отходов менее 3 % в соответствии с установленными требованиями [2].

Методы и устройства удаления избыточной воды из влажного материала и органической составляющей из грунта хорошо известны [3–7], но практическое применение этих способов в каждом случае требует изучения, так как является многофакторной задачей, учитывающей следующие основные показатели: начальную влажность грунта, радиационные характеристики территории, имеющийся объем инвестиционных средств на проведение работ и др. Указанное обстоятельство обеспечивает необходимость постоянной модернизации и усовершенствования как методов, так и устройств, применяемых для указанного вида работ.

Значительная роль в исследовании взаимодействия радионуклидов и почвы принадлежит модельным исследованиям.

Целью настоящего исследования является экспериментальное обоснование возможности использования микроволновой вакуумной установки "Муссон-2" (см. рисунок) для подготовки радиационно-загрязненного грунта к приповерхностному захоронению.

Принцип работы микроволновой вакуумной установки "Муссон-2" заключается в том, что переменное электромагнитное поле сверхвысокой частоты возбуждается в основной камере установки четырьмя микроволновыми генераторами на основе магнетронов. Магнетрон — это магнитный диод,



Микроволновая вакуумная установка "Муссон-2"

между катодом и анодом которого приложено высокое напряжение постоянного тока (4000 В). Важно отметить, что излучение такой частоты является не ионизирующим и не может разрушить структуру молекул и атомов. Генерируемая микроволновая энергия вводится внутрь основной камеры через систему адаптеров. Охлаждение магнетронов и трансформаторов производится одним мощным вентилятором (потока воздуха от одного вентилятора хватает на один модуль — два барабана). Воздух, продуваемый через пластинчатый радиатор магнетрона, нагревается и попадает в пространство между основными камерами и обшивкой и далее через систему воздуховодов во внешнюю систему вентиляции.

При проведении работ по сушке контейнеры с образцами помещаются внутрь камер микроволновой вакуумной установки. Дверь основной камеры обеспечивает надежную защиту от утечки микроволновой энергии с помощью защитного дросселя. Для эффективной конденсации паров предусмотрены внешние охлаждающие "рубашки". В эти рубашки подается вода или антифриз. Сбор сконденсированного дистиллята осуществляется в специальных емкостях. Имеется возможность перемешивания продукта, которая осуществляется вращением



контейнеров. Режимы обработки контролируются встроенным микропроцессором. Имеется возможность записи и коррекции введенных программ. Главным аспектом в управлении является правильный выбор энергетической дозы [8].

### 1. Объекты и методы исследования

Так как разные типы почв не одинаково сорбируют радиоактивные элементы, при проведении исследования были взяты почвы и грунты разного генезиса, а значит с различающимися показателями их химического состояния.

Для проведения экспериментальных работ по подготовке радиационно-загрязненного грунта к приповерхностному захоронению было использовано четыре вида образцов почвы (грунта): чернозем типичный, серая лесная почва, аллювиальная дерновая почва и донные отложения. По своему генезису и свойствам указанным почвам присущи разные значения рН (от нейтральных до щелочных), содержания органического вещества (гумуса), разный гранулометрический состав и др. Соответственно почвы должны проявлять отличную друг от друга сорбционную емкость по отношению к радиоактивным элементам. В эксперименте пробы почвы отбирались из гумусового горизонта.

При подготовке растворов с необходимыми концентрациями кобальта, стронция и цезия были использованы государственные стандартные образцы (ГСО) соответствующих элементов (водные растворы), с концентрацией 1 мг/л.

В соответствии с требованиями к эксперименту были подготовлены образцы почв и донных отложений с различной влажностью и с заданной концентрацией кобальта, стронция и цезия. В эксперименте использовались одноэлементные растворы, которые приливали к пробам почвы и донных отложений в количестве, необходимом для создания определенной влажности. Эти растворы встряхивались в течение часа. Определение концентраций химических элементов проводилось на спектрометре эмиссионном с индуктивно связанной плазмой iCAP 6500 Duo.

### 2. Результаты и обсуждение

В табл. 1 представлены показатели химического состояния используемых для проведения эксперимента проб почв и донных отложений.

Чернозем типичный, серая лесная и аллювиальная дерновая почвы имеют близкую к нейтральной реакцию почвенной среды. Чернозем типичный и серая лесная почвы содержат большие концентрации органического вещества, что говорит об их высоком плодородии.

Известно, что цезий связывается органическими лигандами более прочно, чем по ионообменному типу и наряду с комплексно-гетерополярными солями может образовывать внешнесферные комплексные органоминеральные соединения, а стронций образует как внешнесферные, так и внутрисферные органоминеральные комплексы [9].

Следовательно, чем выше содержание органического вещества в почвах и грунтах, тем выше у них сорбционная емкость по отношению к загрязняющим веществам.

Предварительные испытания в условиях различных режимов сушки образцов почвы (грунта) в микроволновой вакуумной установке показали следующее.

1. Целесообразнее использовать герметичные контейнеры с открытой верхней частью, поскольку из контейнеров с возможностью вращения происходит высыпание (выливание) образцов.

2. Для проведения эксперимента достаточно 5 кг образца. При данной массе возможно использование всех четырех магнетронов в камере. При сушке образцов с данной массой не было выявлено явлений неравномерного нагрева образцов и контейнера.

3. Использование высокого вакуума начиная с 400 мм рт. ст. приводит к разбрызгиванию образца внутри камеры, несмотря на высокие стенки контейнеров (20 см от края до поверхности образцов).

4. Для эффективного сбора паров воды внутри камеры целесообразно использование предусмотренной установкой охлаждения стенок сушильной камеры. В эксперименте при охлаждении применялась водопроводная проточная вода.

В ходе проведения эксперимента все образцы помещались в пластиковые контейнеры с открытой

Характеристики образцов почв и донных отложений, используемых в эксперименте

Таблица 1

Образец	рН	Органическое вещество (гумус), %	Концентрация, мг/кг		
			Sr	Co	Cs
Чернозем типичный	7,48 ± 0,02	10,36 ± 1,04	11,14 ± 4,46	0,023 ± 0,006	0,022 ± 0,006
Серая лесная	7,54 ± 0,02	6,43 ± 0,64	8,86 ± 2,66	0,02 ± 0,006	0,078 ± 0,023
Аллювиальная дерновая	7,66 ± 0,02	2,20 ± 0,44	6,64 ± 2,66	0,116 ± 0,033	0,012 ± 0,003
Донные отложения	8,46 ± 0,02	2,70 ± 0,54	19,08 ± 7,63	0,82 ± 0,246	0,094 ± 0,032



Содержание элементов в пробах почв и донных отложениях в различных условиях эксперимента

Образец	Описание образца (влажность)	Обнаруженная концентрация, мг/кг		
		Sr	Co	Cs
Чернозем выщелоченный	До сушки (20 %)	22,87 ± 6,86	0,064 ± 0,026	0,052 ± 0,022
	После сушки (20 %)	17,14 ± 6,86	0,025 ± 0,008	0,035 ± 0,012
	Конденсат	0,049 ± 0,013	Ниже предела обнаружения	Ниже предела обнаружения
	До сушки (10 %)	21,87 ± 6,75	0,066 ± 0,026	0,055 ± 0,023
	После сушки (10 %)	18,14 ± 6,88	0,028 ± 0,008	0,035 ± 0,012
	Конденсат	0,0453 ± 0,012	Ниже предела обнаружения	Ниже предела обнаружения
Серая лесная	До сушки (20 %)	19,28 ± 5,78	0,219 ± 0,088	0,082 ± 0,028
	После сушки (20 %)	15,46 ± 4,638	0,109 ± 0,044	0,076 ± 0,025
	Конденсат	0,022 ± 0,006	Ниже предела обнаружения	Ниже предела обнаружения
	До сушки (10 %)	20,65 ± 5,89	0,22 ± 0,088	0,092 ± 0,03
	После сушки (10 %)	14,37 ± 4,533	0,111 ± 0,045	0,087 ± 0,03
	Конденсат	0,0193 ± 0,005	Ниже предела обнаружения	Ниже предела обнаружения
Аллювиальная дерновая	До сушки (50 %)	6,64 ± 2,45	0,110 ± 0,045	0,035 ± 0,012
	После сушки (50 %)	6,48 ± 2,44	0,125 ± 0,046	0,033 ± 0,012
	Конденсат	0,0348 ± 0,012	Ниже предела обнаружения	Ниже предела обнаружения
	До сушки (20 %)	7,28 ± 2,58	0,150 ± 0,045	0,07 ± 0,021
	После сушки (20 %)	7,02 ± 2,11	0,125 ± 0,04	0,035 ± 0,012
	Конденсат	Ниже предела обнаружения	Ниже предела обнаружения	Ниже предела обнаружения
Донные отложения	До сушки (50 %)	18,54 ± 5,62	0,84 ± 0,211	0,14 ± 0,04
	После сушки (50 %)	17,24 ± 6,72	0,82 ± 0,21	0,15 ± 0,04
	Конденсат	0,088 ± 0,02	Ниже предела обнаружения	Ниже предела обнаружения
	До сушки (70 %)	18,05 ± 6,9	0,841 ± 0,211	0,15 ± 0,04
	После сушки (70 %)	17,14 ± 6,86	0,81 ± 0,20	0,14 ± 0,04
	Конденсат	0,092 ± 0,02	Ниже предела обнаружения	Ниже предела обнаружения

верхней частью. Для контроля влажности производилось периодическое взвешивание контейнеров. При достижении массы контейнера, соответствующей 3 %-ной влажности образца, эксперимент прекращался.

После окончания эксперимента определяли количество собранного конденсата и концентрации химических элементов Co, Sr, Cs в высушенном образце и конденсате (табл. 2).

Результаты эксперимента показали, что в конденсате концентрация химических элементов значительно ниже, чем в остальных образцах. В некоторых случаях она ниже предела обнаружения.

Для оценки энергопотребления были проведены дополнительные исследования работы установки при различных нагрузках. Микроволновая вакуумная установка "Муссон-2" позволяет задать четыре режима по мощности: с одним включенным магнетроном, двумя, тремя и в режиме максимальной мощности со всеми четырьмя.

При микроволновой сушке вся энергия идет только на нагрев продукта и на удаление влаги из него. За счет эффекта теплопроводности от нагретого продукта часть энергии идет на нагрев контейнера. Для правильной дозировки энергии, поступающей на образец, необходимо знать начальные параметры, а именно: массу образца, его начальную и конечную влажность. По этим параметрам

легко рассчитать предельную энергию (дозу), необходимую для обезвоживания.

В микроволновой вакуумной установке "Муссон-2" для испарения 16 г воды требуется работа одного магнетрона мощностью 600 Вт в течение 1 мин. Такая энергия — 1 магнетроно-минута была принята конструкторами установки за единицу измерения, выводимую на индикаторе табло.

Для испарения 1 кг воды необходимо порядка 62,5 магнетроно-минут. Данная доза может быть обеспечена работой четырех магнетронов за 15,6 мин или одним за 62,5 мин. Таким образом, 1 магнетроно-минута соответствует испарению 16 г воды.

Зная, какое количество воды испаряется при дозе 1 магнетроно-минута (16 г) и мощность, которую потребляет один магнетрон (600 Вт), легко рассчитать необходимое количество электрической энергии. При 50 %-ной влажности энергозатраты установки на 1 т грунта составляют 300 кВт/ч; при 10 %-ной — 60 кВт/ч.

### Заключение

Таким образом, результаты проделанной работы показали, что при дезактивации радиационно-загрязненного грунта с помощью микроволновой вакуумной установки "Муссон-2" образуются сухие радиоактивные отходы, содержащие Cs, Sr и Co, с влажностью менее 3 % и вода с концентрацией ра-



диоактивных изотопов примерно в 200 раз ниже, чем в исходных образцах. При 50 %-ной влажности производительность установки составляет 20 т/год; при 10 %-ной — 100 т/год.

К достоинствам серийно выпускаемой микроволновой вакуумной установки "Муссон-2" следует отнести высокий уровень экологической безопасности в связи с отсутствием выбросов (сушка в вакууме).

Характеристики микроволновой установки "Муссон-2" (производительность и энергопотребление) могут быть значительно улучшены за счет применения специальных контейнеров, исключающих выплескивание грунта при высоком вакууме (менее 400 мм рт. ст.). Кроме того, применение таких контейнеров должно значительно снизить концентрацию изотопов в собранном конденсате.

#### Список литературы

1. **Обзор** состояния и загрязнения окружающей природной среды в Российской Федерации за 2009 год. — М.: Росгидромет, 2010. — 177 с.

2. **Приповерхностное захоронение** радиоактивных отходов. Требования безопасности: НП-069-05: утв. Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору 28.04.06: введ в действие с 01.11.06.
3. **Томалла М., Нойберг О.** Сушка осадков сточных вод // Экология производства. — 2007. — № 5.
4. **Панов Е. П., Пыленок П. И., Соломина А. П.** Техническое совершенствование осушительных систем // Мелиорация и водное хозяйство. — 1999. — № 5.
5. **Заявка** на изобретение. Способ переработки радиоактивных грунтов, содержащих органические компоненты / Баринов А. С. Заявка: 96124038/25. Дата публикации заявки: 10.03.1998.
6. **Информационный обзор** материалов МНТК 2000—2006 гг. — М.: Концерн "Росэнергоатом", 2007.
7. **Технологические и организационные аспекты** обращения с радиоактивными отходами / МАГАТЭ. Серия учебных курсов. № 27. Вена, 2005.
8. **Иванов В. А.** Микроволновая вакуумная установка "Муссон-2" // Инструкция по эксплуатации. — Санкт-Петербург, 2008.
9. **Илахун А.** Распределение  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  по фракциям органического вещества серо-коричневой почвы СУАН КНР и поглощение их растениями из водных растворов и разных почв в присутствии различных лигандов: Автореф. дисс. ...канд. биол. наук. — М., 2009. — 21 с.

УДК 621.316, 622.29

**С. Г. Конесев**, канд. техн. наук, доц., **П. А. Хлюпин**, асс.,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет  
E-mail: konesevSG@yandex.ru

## Экологичные нагревательные системы для объектов транспорта и хранения вязкой нефти

*Обобщены методы регулирования реологическими свойствами вязкой и высоковязкой нефти. Проведен анализ эффективности воздействия электро-термических методов и электротехнологических устройств на их основе. Показана целесообразность внедрения индукционных электрометрических систем, обеспечивающих низкоградиентный нагрев с высокими энергетическими показателями, для регулирования реологических свойств. Обоснована необходимость внедрения индукционных систем для повышения промышленной и экологической безопасности магистральных, промысловых и технологических продуктопроводов и резервуаров хранения вязких и высоковязких нефтей и нефтепродуктов.*

**Ключевые слова:** реологические свойства, вязкость, электро-термические методы, индукционные системы, низкоградиентный нагрев, системы нагрева, промышленная и экологическая безопасность

**Konesev S. G., Khlupin P. A.** Eco-friendly heating systems for transportation and storage facilities of a viscous oil

*The methods of viscous and high-viscous oil's rheological properties regulation is generalized. The influence efficiency of the electro-thermal methods and electro-technological devices, based on it, is analyzed. The inductive electro-thermal systems, providing low-gradient heating with high energetic factors, introduction expedience is shown. The inductive system introduction necessity for increasing industrial and ecological safety of main, field and technological product pipelines and viscous, high-viscous oils and oil products storage reservoirs is based.*

**Keywords:** rheological properties, viscosity, electro-thermal methods, inductive systems, low-gradient heating, heating systems, industrial and environmental safety



## Актуальность проблемы

Мировой суммарный объем вязкой и высоковязкой нефти (ВВН) оценивается в 810 млрд т, что почти в пять раз превышает объем остаточных извлекаемых запасов нефти малой и средней вязкости, составляющий лишь 162,3 млрд т. Наиболее крупные месторождения высоковязкой и битуминозной нефти расположены на территории Канады (522,5 млрд т). Второй страной по запасам высоковязкой нефти является Венесуэла (пояс Оринок 177,9 млрд т). Россия считается третьей страной по объемам тяжелых углеводородных ресурсов [1].

Процентное соотношение мировых запасов высоковязкой нефти представлено на рис. 1.

По оценкам специалистов Schlumberger, запасы тяжелой нефти в России составляют 13,4 млрд т, природных битумов — 33,4 млрд т.

Обзор распределения высоковязкой нефти по регионам (областям, краям и республикам) Российской Федерации показывает, что наибольшее количество ВВН (более 70 %) находится на территориях пяти регионов: в Пермской области (более 31 %), Татарстане (12,8 %), Самарской области (9,7 %), Башкортостане (8,6 %) и Тюменской области (8,3 %) [2].

Очевидным является тот факт, что вязкость добываемой нефти на территории России будет неуклонно расти [3]. Высоковязкая нефть залегает в таких бассейнах, как Тимано-Печорский (средняя бассейновая вязкость 122,15 мм<sup>2</sup>/с), Южно-Каспийский (49,22 мм<sup>2</sup>/с), Волго-Уральский (47,13 мм<sup>2</sup>/с), Прикаспийский (109,71 мм<sup>2</sup>/с) [4]. Ресурсы битуминозных нефтей на территории Российской Федерации оцениваются в 12...15 млрд т и большая часть из них, примерно от 1 до 7 млрд т, содержится в недрах Татарстана.

Высоковязкая нефть безусловно является источником большого числа полезных элементов для нефтяной промышленности, но из-за сложности извлечения запасов, транспорта и переработки та-

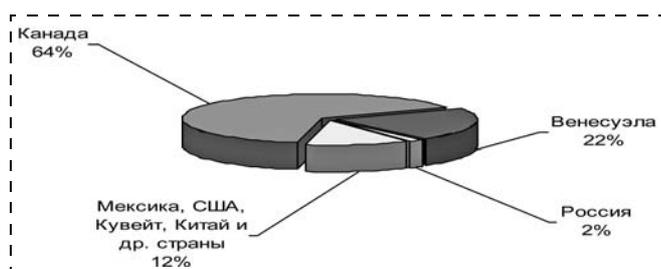


Рис. 1. Процентное соотношение остаточных запасов ВВН в странах мира

Таблица 1

### Методы регулирования реологических свойств нефти

Метод	Виды
Физический	Бараобработка Механическая обработка Гидроперекачка Перекачка газонасыщенных нефтей Смешение вязкой нефти с маловязкими и дальнейшая совместная перекачка
Химический	Присадки ПАВ Депрессорные присадки Высокомолекулярные полимерные соединения
Тепловой	Термодеструктивная обработка Промежуточные теплоносители Факельный

ких месторождений ее разработка считалась нерентабельной. Проблема перекачки вязкой и высоковязкой нефти по промысловым и магистральным трубопроводам с каждым днем становится все более актуальной.

Однако новые технологии нашего времени, опираясь на более чем вековой опыт транспорта нефтепродуктов, позволяют снизить затраты и улучшить условия труда при добыче, транспорте и переработке высоковязкой нефти.

Основные методы регулирования реологических свойств вязкой нефти классифицируются на **химические, физические и тепловые методы** (табл. 1).

Анализ методов регулирования реологическими свойствами вязкой и высоковязкой нефти показывает, что нет абсолютного метода. Выбор метода зависит от расположения месторождения, физико-химического состава нефти и протяженности трубопровода, технико-экономического и экологического обоснования применения. Самое большое развитие в наше время получил способ с использованием химических реагентов. Применение химических присадок не только позволяет улучшить вязкость нефти и снизить температуру ее застывания, но также очистить трубы от отложений органических соединений и замедлить коррозию. Однако даже этот метод не лишен недостатков. На первое место выходит цена реагентов, которая ощутимо сказывается на удорожании перекачиваемой нефти. Кроме того, применение химических реагентов да и любого другого из перечисленных методов невозможно без воздействия теплового поля, поскольку для смешивания депрессорной присадки с вязким нефтепродуктом его необходимо подогреть до определенной температуры.

Рассмотрим различные источники формирования теплового поля и устройства их реализующие.



## Термические (тепловые) методы, установки и системы

Методы нагрева подразделяют на неэлектрические и электрические.

К неэлектрическим методам нагрева можно отнести факельный нагрев, нагрев паром, нагрев жидкими теплоносителями.

К электрическим методам относятся: нагрев сопротивлением (косвенный и прямой), инфракрасный нагрев, индукционный нагрев.

### Неэлектрические методы и установки нагрева

**Паровой обогрев** — наиболее широко распространенный в России способ обогрева и поддержания рабочих температур в основном технологических трубопроводов. Однако большой расход тепловой энергии, низкий КПД (не более 40%), проблемы с возвратом конденсата, высокие эксплуатационные расходы, а также ограничения в управлении рабочими температурами приводят к необходимости перехода к более современным энергосберегающим технологиям.

**Нагрев жидкими теплоносителями** предполагает предварительный разогрев самого теплоносителя и передачу теплоты продукту по системе "труба в трубе", когда в трубе с теплоносителем расположена труба с продуктом или наоборот, либо при прокладывании трубы с продуктом и трубы с теплоносителем в одном замкнутом пространстве в непосредственной близости. Такой способ обладает низким КПД теплопередачи, высокой инерционностью в регулировании теплового поля, а также не безопасен при выполнении по системе "труба в трубе".

Самым эффективным неэлектрическим способом формирования теплового поля, применяемым как в нефтеперекачке, так и нефтеперерабатывающей промышленности, на сегодняшний день является **факельный (пламенный) нагрев**. Теплота, которая выделяется при сжигании углеводородного сырья, обладает большей теплотворностью, чем пар или любая нагретая жидкость. Этот способ отличается высокой скоростью нагрева и высоким КПД теплопередачи и применяется при перекачке высоковязких, парафинистых нефтей в "горячих" трубопроводах. Он реализован в печах прямого нагрева ПТБ-10А, ПТБ-10Э, ПТБ 5-40А, ПТБ 5-40Э, ППН-3, АКПН, ПТ 4-64Ж, подогревателях ПТ 6,3/200, ПТ 16/150, ПТ 25/100, а также в подогревателях с косвенным нагревом ПП-0,63А, ПП-1,6, ПБТ-1,6, ППТ-0,2, НУС-0,1 [5].

Несмотря на современный подход к производству пламенных печей нагрева для ВВН, использования в качестве топлива природного газа с малыми выбросами продуктов сгорания, автоматизирован-

ных систем защиты, их эксплуатация сопряжена с рядом трудностей.

Эксплуатация пламенных трубчатых печей серии ПТБ ограничена по содержанию серы в нагреваемой нефти (не более 1%), так как при повышении температуры сера вступает в реакцию с образованием разного вида кислот. Следовательно, такие печи невозможно применять при транспорте сернистой нефти Республики Башкортостан и нефти Волго-Уральского региона, процентное содержание серы в которых находится в пределах от 0,95 до 1,62% (месторождения Гуймазинское, Александровское в Башкортостане и Ромашкинское в Республике Татарстан) [6]. Еще одним характерным недостатком является отсутствие плавного регулирования теплового поля и инерционность системы регулирования. В пламенных печах ПТБ-5-40А регулирование теплового потока осуществляется газовыми горелками за счет уменьшения сечения газовой форсунки, либо отключения одной из горелок при принудительной подаче воздуха вентилаторами [5]. Неравномерность воздействия теплового поля вызывает перегрев змеевика и приводит к частичному коксованию нефти, уменьшению сечения трубы и как следствие ведет к перегреву участка трубы и появлению свища или трещины. При этом возможно возгорание продукта перекачки. К примеру, за годы развития ОАО "Удмуртнефть" (с 1975 по 2001 г.) на Киенгопском, Мишкинском, Ельниковском, Гремиханском месторождениях зарегистрировано 17 случаев пожаров на трубчатых печах различных типов [7].

Такая статистика позволяет говорить о пламенных печах, как об опасном промышленном объекте, нарушение режима работы которого повлечет за собой не только загрязнение окружающей среды, но и гибель рабочего персонала. Применение природного и попутного газа не решает проблему выбросов. При сжигании одного миллиона кубов попутного газа в атмосферу выбрасывается около 8 т вредных веществ [8]. Например, в Западной Сибири в факелах сгорает до 10 млрд м<sup>3</sup> попутного газа. При этом, только от одного факела, в атмосферу поступает до 2 т углеводородов и сажи, 30 т окислов азота, 8 т оксидов углерода, 5 т диоксида серы в год [9]. Также стоит отметить такой немаловажный факт как тепловое воздействие на окружающую среду. Температура на выходе из дымовой трубы более 90 °С.

На рис. 2 показаны термографическое и фотоизображение печи нагрева ПТБ-10. Температура окружающего воздуха не более 2 °С, датчик температуры пламени показывает 1008 °С, а температура дымовых газов 630 °С. На рис. 2 видно, что изолированная теплообменная камера нагревается не



более 60 °С, а больше всего теплоты излучают дымовые трубы (244,7 °С). Этот режим не соответствует номинальному режиму, определенному заводом-изготовителем, и может привести к поломке оборудования и аварии. Превышение температурного режима стало возможным из-за отсутствия автоматического контроля эксплуатации и человеческого фактора. На рис. 3 показана печь с рабочим режимом, соответствующим нормам завода-изготовителя.

Однако такие печи недопустимо применять в условиях Крайнего Севера и Заполярья из-за нанесения непоправимого вреда окружающей среде тех мест как тепловым полем, так и выбросами от сгорания топлива.

Современные системы добычи, подготовки, перекачки и переработки нефти вынуждены соответствовать жестким нормам, не загрязнять окружающую среду, не оказывать вредного теплового воздействия, иметь высокие технико-экономические показатели, что не реализовано в большинстве существующих систем нагрева для улучшения реологических свойств вязких нефтей. Существующие системы и способы формирования теплового поля обладают рядом недостатков. При реализации системы с термодеструктивной обработкой теряется качество нефти как сырья для переработки, сложно контролировать протекающий процесс из-за раз-

личия физико-химических свойств перекачиваемых нефтей. В случае применения промежуточных теплоносителей (пар, вода, масло и т. д.) система обладает низким коэффициентом теплопередачи независимо от расположения нагреваемого объекта относительно источника формирования теплового поля. Системы нагрева открытым пламенем взрыво- и пожароопасны, выбрасывают в атмосферу продукты сгорания, оказывают негативное тепловое воздействие на окружающую среду. Также невозможно реализовать плавное регулирование мощности теплового поля, сформированного энергией пламени.

Анализ существующих систем неэлектрического нагрева показал, что требуется модернизация нагревательного оборудования, увеличение функциональных возможностей подогревателей с целью обеспечения запросов рынка нефтепромышленного оборудования [10]. Чтобы отойти от применения пламенных факельных печей для обогрева взрывоопасного сырья, повысить технико-экономические показатели, увеличить коэффициент теплопередачи, снизить градиент теплового потока, осуществлять передачу теплоты непосредственно сырью без промежуточного теплоносителя, следует заменить неэлектрические системы нагрева на электротермические. Рассмотрим способы электротермического нагрева ВВН и устройства их реализующие.

#### Электрические методы и установки нагрева

Формирование теплового поля за счет применения электрической энергии реализовано в различных отраслях промышленности и народного хозяйства. Электроплиты, электронагреватели, резистивные кабели, электрические тэны, индукционные нагревательные системы используются в строительной индустрии, машиностроении, металлургической отрасли и пр. Такие устройства и системы удобны и просты в эксплуатации, у них отсутствуют выбросы в атмосферу продуктов сгорания. Ввиду развитости электрических систем в России, а также источников электрической энергии электротермия занимает свою нишу в промышленности, в том числе и в промышленном и трубопроводном транспорте вязкой и высоковязкой нефти.

#### Нагревательные электрические тэны

Одними из первых нагревательных устройств, работающих на электрическом токе, были нагреватель-

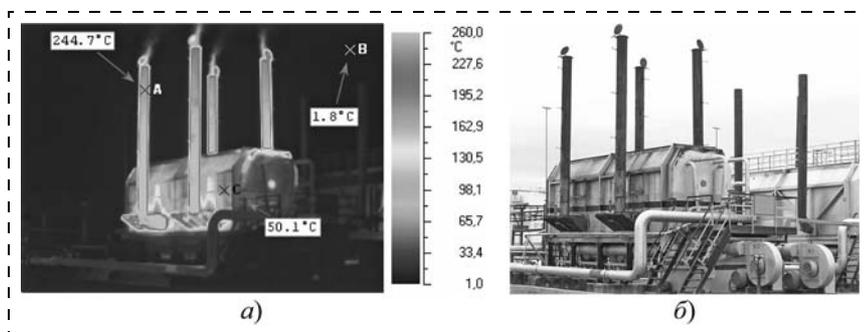


Рис. 2. Тепловое поле ПТБ-10 — аварийный режим:  
а — термографическое изображение ПТБ-10; б — фотоизображение печи ПТБ-10

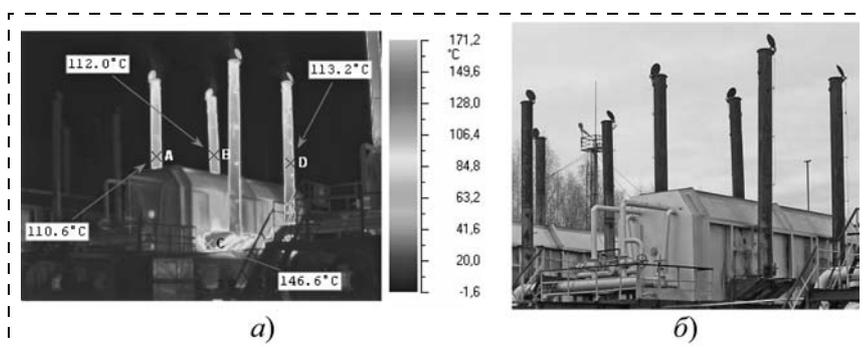


Рис. 3. Печь ПТБ — рабочий режим:  
а — термографическое изображение ПТБ-10; б — фотоизображение печи ПТБ-10



ные электрические тэны. Суть нагрева такими системами заключается в следующем: изолированный кабель опускается непосредственно в нефтепродукт и за счет протекания переменного тока нагревает внешний железный корпус тэна, а тот окружающую среду. К достоинствам таких систем относятся: интенсивная передача теплоты нагреваемому продукту, разнообразие вариантов исполнений, надежность при вибрациях и ударных нагрузках, отсутствие напряжения на внешней оболочке [11]. Такой способ нагрева ранее применялся лишь для нагрева нефти в резервуарах и цистернах. Однако он не применим для систем нагрева нефти в трубопроводном транспорте, поскольку имеет низкий КПД теплопередачи вследствие малой площади воздействия. Кроме того, из-за повышенной взрывоопасности, которая может возникнуть в результате нарушения целостности тэна, искрения, плохого контакта кабеля во взрывоопасной среде данный способ практически не применяется для нагрева нефти в трубопроводном транспорте [1].

#### **Электрические резистивные нагревательные кабели и ленты**

Для поддержания температуры и обогрева трубопровода применяются электрические резистивные нагревательные кабели. Они просты в эксплуатации и весьма экономичны, а для увеличения мощности теплового поля их можно соединить в один блок. Также кабель можно расположить не на поверхности трубы, а внутри с целью улучшения теплового воздействия [12]. Электрические нагревательные кабели подразделяются на среднетемпературные и высокотемпературные. Диапазон регулирования температуры среднетемпературных кабелей порядка 200 °С, длина кабеля до 52 м, что вызывает трудности его применения для нагрева магистрального и промышленного трубопроводов, так как для создания температурного поля большей площади требуется соединить кабели, что снизит надежность системы в целом. Высокотемпературные кабели могут регулироваться в диапазоне температур от 150 до 1000 °С и создавать температурные поля до 15 000 Вт/м<sup>2</sup>, но они имеют длину не более 20 м. Применение высокотемпературных кабелей вызывает те же трудности при эксплуатации, что и среднетемпературные.

Для формирования теплового поля также применяются нагревательные ленты шириной от 25 до 80 мм, длиной от 3 до 40 м и толщиной 1,5 мм. Они удобно располагаются на поверхности, легко принимая форму трубы. Нагревательные ленты типа ЭНГЛ-180 рассчитаны на рабочую температуру до 180 °С, нагревательные ленты типа НТЛ-400 и НТЛ-600 рассчитаны на максимальную температуру 400 и 600 °С соответственно [11].

Для уменьшения воздействия окружающей среды такие ленты покрывают изоляцией [12]. Отечественными разработчиками и распространителями таких нагревательных лент на Российском рынке являются компании "Специальные Системы и Технологии" (г. Мытищи) [13], "Промышленный обогрев" (г. Санкт-Петербург) [14]. Кабельная продукция на рынке представлена зарубежными фирмами Raychem, Heatline, Devi, Nexans [14].

Сложность применения ленты заключается в том, что ее длины недостаточно для формирования теплового поля большой мощности. Если увеличивать площадь воздействия за счет сращивания лент, то могут образовываться участки локального перегрева в месте крепления, что приводит к выходу устройства нагрева из эксплуатации и нарушению режима теплопередачи.

К другим методам электроподогрева относятся методы, основанные на физических свойствах электрического тока, такие как метод прямого электроподогрева и индукционный нагрев. Прямой электроподогрев основывается на том, что источник переменного тока небольшого напряжения (не более 50 В) присоединяется к изолированному участку трубы. Когда по участку трубы протекает электрический ток, то согласно эффекту Джоуля происходит равномерное выделение теплоты в трубе и передача теплоты нагреваемому продукту. Такой метод нагрева ограничен в применении для магистральных трубопроводов из-за небольшой длины нагреваемого участка (около 1200 м). Увеличение длины нагреваемой трубы повлечет за собой увеличение числа источников тока и удорожание системы. Нагреваемый участок должен быть полностью изолирован от грунта из-за чего данный метод нагрева сложно реализовать в трубопроводном транспорте.

#### **Инфракрасные нагревательные системы**

Инфракрасные нагревательные системы основаны на применении энергии света в инфракрасном диапазоне длин волн, которые обладают такими же свойствами как видимые и ультрафиолетовые лучи. Преимущество инфракрасных нагревательных систем в том, что тепло передается непосредственно предмету, без участия воздуха (конвекция), а также локализовать участок нагрева. По спектру воздействия разделяют на системы с короткими лучами (лучи Фохта) до 1,5 мкм и длинными более 1,5 мкм.

К недостаткам таких систем можно отнести вредное воздействие длинных лучей на организм человека, малые тепловые мощности, создаваемые системами на сегодняшний день.



## Индукционные нагревательные установки и системы

Индукционные нагревательные установки (ИНУ) в соответствии с п. 7.5.1 ПУЭ классифицируются на установки промышленной частоты (50 Гц) и системы повышено-средней частоты (до 30 кГц).

Индукционные установки промышленной частоты для нагрева магнитной стали получили свое развитие в середине XX в. и активно применяются до сих пор. Эти установки, для, так называемого низкотемпературного нагрева, отличаются хорошими энергетическими характеристиками, простотой структуры и конструкции, высокой производительностью, экологической безопасностью. Одним из таких устройств является система поверхностного электрообогрева, так называемая скин-система или индукционно-резистивная.

Работа скин-системы основана на явлении неравномерного распределения переменного тока по сечению проводника, обладающего ферромагнитными свойствами (рис. 4).

Нагревательный элемент представляет собой трубу из низкоуглеродистой стали с наружным диаметром 20...60 мм и толщиной стенки 2 мм, которая соединена с нагреваемым объектом при помощи сварки. Внутри трубы располагается проводник из немагнитного материала. При протекании переменного тока по немагнитному проводнику в трубе под действием магнитного поля образуются вихревые токи, которые вызывают нагрев. Тепло передается за счет конвекции от нагретой трубы к стенке трубопровода с нефтью (эффект близости) и за счет наведения в ферромагнитном материале вихревых токов (скин-эффект). Система скин-эффект позволяет греть трубопровод на протяжении 30 км. Предел температуры нагрева 200 °С [15]. Чтобы сформировать тепловое поле нужного значения применяют не одну нагревательную трубу, а несколько.

Питание скин-системы осуществляется от однофазных или трехфазных трансформаторов промышлен-

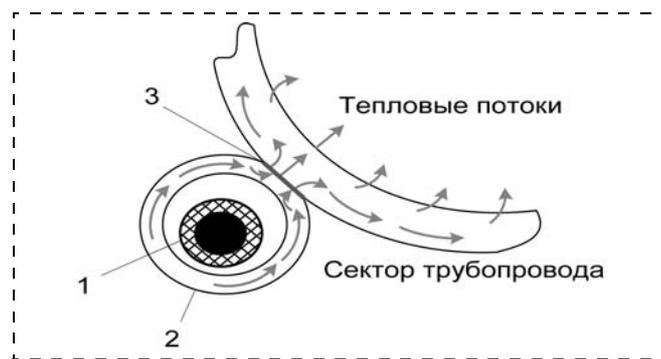


Рис. 4. Распределение теплоты в системе скин-эффект:

1 — немагнитный проводник с изоляцией; 2 — нагревательный элемент; 3 — зона контакта нагревательного элемента с сектором трубопровода

ленной частоты тока, мощностью от 70 до 700 кВт и напряжением от 0,7 до 10 кВ. При однофазном питании система представляет собой однофазную нагрузку и при коэффициенте мощности ниже 0,98 в соответствии с ПУЭ должна обеспечиваться компенсацией реактивной мощности. Регулирование температурного поля двухпозиционное — включено—выключено. Скин-система является генератором высших гармоник тока и напряжения, поэтому необходимо в ряде схем электропитания включать фильтры высших гармоник [16].

В табл. 2 приведены характеристики действующих скин-систем, разработанных и установленных компанией "Специальные системы и технологии" совместно с Московским энергетическим университетом.

К недостаткам данной системы можно отнести сложность монтажа и демонтажа, необходимость устанавливать несколько источников питания для поддержания заданной мощности. Кроме того, скин-система не позволяет мгновенно разогреть объект и применяется лишь для поддержания температуры. Также система работает лишь на переменном токе промышленной частоты, что исключает возможность регулирования тепловым полем.

Таблица 2

Эксплуатируемые скин-системы фирмы "Специальные системы и технологии"

Название объекта	Длина трубопровода, км	Суммарная мощность, кВт
НК "ЛУКОЙЛ": ООО "Нарьянмарнефтегаз". Мядсейское НГКМ ООО "Нарьянмарнефтегаз". Тэдинское НГКМ. Нефтегазосборные коллекторы ЗАО "Север ТЭК". НГКМ "Южное-Шапинское"	11,7 12 13	378 580 314
РАО "Газпром": ООО "Уренгойгазпром". Песцовое ГКМ ОАО "Ямбурггазодобыча". Заполярное ГНКМ. Межплощадный водовод. УКПГ 2С — УКПГ 3С "Заполярное" ОАО "Ямбурггазодобыча". Заполярное ГНКМ. Межплощадный водовод. ВЖК НГКМ Заполярное — АРЗ Промбаза	40 8 5	1390 432 270

### Индукционный подогреватель с промежуточным теплоносителем

Описанная выше система нагрева с применением скин-эффекта сочетает в себе два типа теплопередачи — резистивный и индукционный. В перекачке нефти известна система — скоростной подогреватель нефти для нагрева жидкости в технологических трубопроводах. Эта система по своей конструкции ближе всего к трансформатору, у которого в качестве вторичной обмотки используется металлический теплообменник.

Принцип работы устройства заключается в следующем. Под воздействием переменного магнитного поля, образованного током промышленной частоты, создаваемого магнитной системой, в металле теплообменника образуются вихревые токи, вызывающие его нагрев. В скоростном подогревателе нефти нагреву подвергается металлическое тело, затем теплота передается теплоносителю (масло, вода и т. д.) и уже от него нагревается среда. В этой системе нет элементов, подверженных износу. Срок службы аппарата определяется сроком службы электромагнитной системы, что делает установку надежной и долговечной.

К недостаткам данной установки можно отнести низкий КПД из-за применения промежуточного теплоносителя, малые мощности формируемого теплового поля, что позволяет применить данную систему лишь на трубопроводах малого диаметра и производительности. Работа индукционной системы на токах промышленной частоты снижает управляемость мощностью теплового потока.

### Индукционные нагревательные системы (ИНС) повышенно-средней частоты

Отличие ИНС, используемых в нефтегазовой отрасли для целей разогрева и поддержания температур жидкости, от индукционных систем, используемых в металлургии и машиностроении, заключается в следующем:

- низкотемпературность системы — температура нагрева не превышает температуру точки Кюри;
- большая площадь воздействия температурного поля;
- форма индукторов — плоские, с контуром поверхности обогреваемого объекта;
- импульсное воздействие электромагнитного поля;
- система электропитания;
- высокие энергетические показатели, поскольку при нагреве металл теплообменника не теряет своих ферромагнитных свойств и не требуется менять емкость конденсатора или изменять частоту в широком диапазоне;
- потери теплоты в окружающую среду сведены к минимуму;
- потери энергии на рассеивание в окружающей среде минимальны, а следовательно, снижен риск вредного воздействия на организм человека в виде наведенных токов на технологическом оборудовании и высокочастотных электромагнитных полей;

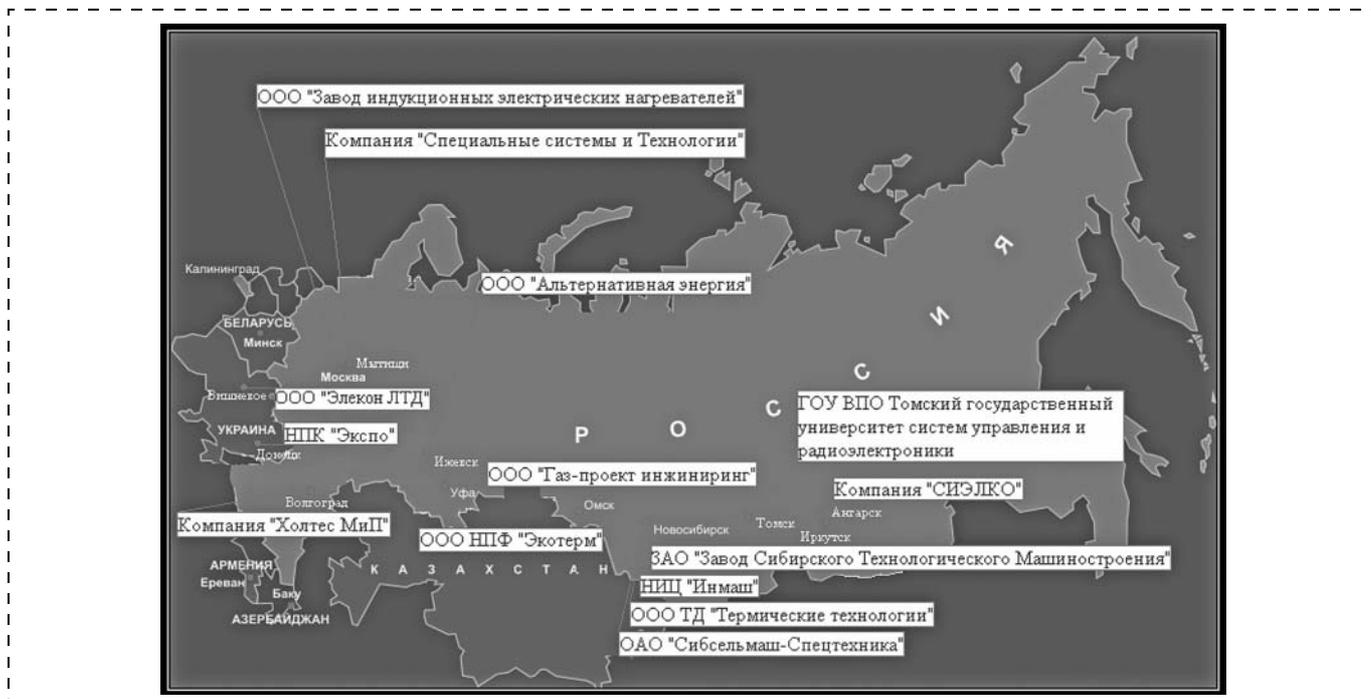


Рис. 5. Производители систем индукционного нагрева для нагрева жидкости



— возможность использования во взрывоопасных зонах.

Теплообменник в ИНС имеет равную электромагнитную и тепловую нагрузку, а дополнительное воздействие электромагнитного поля препятствует коагуляции твердых веществ.

Индукционные системы обладают рядом преимуществ перед другими видами нагрева, основным из которых является равномерность распределения теплового поля. Индукционный нагрев является достаточно эффективным и экономичным, так как теплота металлу передается не за счет теплопередачи ("косвенный нагрев"), а формируется непосредственно внутри металла. Введенные в эксплуатацию индукционные системы нагрева позволили снизить экономические затраты и повысить интенсивность процесса нагрева [17].

На территории Российской Федерации существует более десятка фирм-производителей индукционных систем нагрева жидких сред. Ведущие из них показаны на рис. 5.

С точки зрения энерго- и ресурсосбережения, наиболее перспективными являются индукционные системы обогрева, работающие на повышенной частоте.

Сравнительные данные [18] института проблем моделирования в энергетике НАН Украины электрических систем нагрева показали, что индукционные системы в долгосрочном использовании очень выгодны — срок эксплуатации от 30 до 60 лет. Стоимость 1 кВт установленной мощности составляет примерно 3000...6000 руб., стоимость 1 Гкал теплоты для потребителя составляет примерно 750 руб.

Расчетный срок службы трубчатых факельных печей нагрева ПТБ порядка 10 лет, после чего печь подлежит замене. Средняя стоимость печи ПТБ-10 (тепловая мощность 10 Гкал/ч) 6 млн руб., индукционная система той же тепловой мощности будет находиться в ценовом диапазоне 5,5...7 млн руб.

### Выводы

1. Наиболее эффективными являются тепловые методы регулирования реологических свойств вязких и высоковязких нефтей. Применяться могут как отдельно, так и в совокупности с химическим и физическим методами.

2. Индукционные нагревательные установки (системы) из технологии будущего должны активно переходить в технологии настоящего, поскольку обеспечивают экологическую чистоту технологического процесса перекачки вязких жидких сред. Целесообразна замена пламенных (факельных) печей на ИНУ и ИНС.

3. Повышение частоты преобразования в ИНС по сравнению с ИНУ, работающими на промышленной

частоте, позволяет повысить энергетическую эффективность процесса регулирования реологических свойств вязких жидких сред.

4. Индукционные нагревательные системы имеют значительно более меньшие массу и габариты по сравнению с факельными системами за счет сокращения количества технологических узлов и вспомогательного оборудования.

5. Управление ИНС может осуществляться автоматизировано без участия человека.

6. ИНС в долгосрочной эксплуатации экономически выгодны по сравнению с другими системами теплового воздействия.

### Список литературы

1. Коршак А. А., Нечваль А. М. Трубопроводный транспорт нефти, нефтепродуктов и газа. Уч. пособие для системы ДПО. — Уфа: ДПСервис, 2005. — 516 с.
2. Коршунов Е. С., Едигаров С. Г. Промысловый транспорт нефти и газа. М.: Недра, 1975. — 296 с.
3. Мастобаев Б. Н. История применения химических реагентов и технологий в трубопроводном транспорте нефти и нефтепродуктов // Диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. — Уфа, 2003.
4. Полищук Ю. М., Яценко И. Г. Высоковязкие нефти: анализ пространственных и временных изменений физико-химических свойств. [электронный ресурс]. — URL: [http://www.ogbus.ru/authors/PolishukYu/PolishukYu\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/PolishukYu/PolishukYu_1.pdf)
5. Промышленная группа "Генерация". [электронный ресурс]. — URL [www.generation.ru](http://www.generation.ru)
6. Образцова Е. И. Оптимальное конструирование змеевика трубчатой печи при промежуточном отборе паровой фазы // Диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. — Уфа, 2004.
7. Пожарная опасность трубчатых печей: Справочно-методическое пособие. ОАО "Удмуртнефть". — Ижевск, 2001.
8. Ельшева А. Готовить нефть по новому // Нефтяник Удмуртии. — 2006. — № 48. — С. 2.
9. Шахраманьян М. А., Акимов В. А., Козлов К. А. Сибирский регион России: опасность природного, техногенного и экологического характера // Экология и промышленность России. — 2003. — № 4. — С. 4—7.
10. Иванов А. Б., Попов И. Н. Расширение функциональных возможностей нефтяного нагревательного оборудования // Нефтепромысловое оборудование. — 2003. — № 10. — С. 113—115.
11. Фонарев З. И. Электроподогрев трубопроводов, резервуаров и технологического оборудования в нефтяной промышленности. — Л.: Недра, 1984. — 148 с.
12. Коршак А. А. Специальные методы перекачки. Учебное издание. — Уфа: Изд. УГНТУ, 2004. — 208 с.
13. Компания "Специальные системы и технологии". [электронный ресурс]. — URL <http://www.sst.ru/>
14. Каталог кабелей компании ООО "Промышленный обогрев". [электронный ресурс]. — URL <http://www.teplodor.ru/>
15. ТЕПЛОМАГ — Skin-системы. [электронный ресурс]. — URL <http://www.termosib.ru/>
16. Струпинский М. Л., Кувалдин А. Б. Индукционно-резистивная система обогрева трубопровода // Электрика. — 2008. — № 11. — С. 21—24.
17. Макулов И. А., Мамаев Н. М., Конесев С. Г. Применение систем среднечастотного индукционного нагрева при транспортировке нефтепродукта // Нефтегазовое дело. 2008. Т. 6. — № 2. — С. 75—79.
18. Техническая и экономическая целесообразность выбора системы теплоснабжения [электронный ресурс]. — URL <http://www.vashdom.mksat.net/>



УДК 624.011.78-699.822

**А. П. Свинцов**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, **С. В. Гусаков**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, **Ю. П. Рыбаков**, д-р физ.-мат. наук, проф., зав. кафедрой, **Ю. В. Николенко**, канд. техн. наук, доц., **В. В. Мешков**, инж., Российский университет дружбы народов, Москва  
E-mail: svintsovap@rambler.ru

## Защита водных ресурсов от загрязнения навозом свиноводческих ферм

*Загрязнение подземных вод навозом свиноводческих ферм может быть существенно снижено за счет применения навозосборников повышенной герметичности. Представлены основные положения конструкции экологически безопасного навозосборника и экономически эффективной технологии его реализации.*

**Ключевые слова:** экология, подземные воды, загрязнение, гидроизоляция, бетон, навоз

**Svintsov A. P., Gusakov S. V., Rybakov Yu. P., Nikolenko Yu. V., Meshkov V. V.**  
*Protection of water resources by contamination of pig manure farms*

*Contamination of groundwater by pig manure farms can be significantly reduced through the use of high-containment pit. The basic provisions of structure of environmentally sound pit and economically efficient technology of implementation are presented.*

**Keywords:** ecology, groundwater, contamination, waterproofing, concrete, manure

Водные ресурсы и водное хозяйство имеют важнейшее значение в обеспечении стабильного и устойчивого развития экономики любой страны и в создании условий для санитарно-гигиенической безопасности ее населения. Водные ресурсы являются одним из основных факторов, определяющих состояние большинства отраслей экономики страны, в первую очередь сельскохозяйственного комплекса.

Возведение зданий для свиноводческих комплексов, оснащенных современным технологическим оборудованием и инженерным обеспечением, позволяет не только эффективнее решать задачу обеспечения населения России мясомпродуктами, но и представляет собой одну из важнейших проблем общей экологической и санитарно-гигиенической безопасности людей и животных, так как отходы животноводства являются источниками загрязнения водных объектов и почвы.

Одним из важнейших условий высокой продуктивности свиноводческих комплексов, наряду с полноценным кормлением, является создание надлежащего санитарно-гигиенического микроклимата в помещениях для содержания животных. Помещения должны быть сухими, хорошо вентилируемыми, теплыми, гигиеничными, с обеспечением своевременного удаления образующегося навоза.

Обеспечение герметичности емкости для сбора навоза является весьма значимой проблемой строительства и эксплуатации зданий свиноводческих комплексов. В настоящее время в свиноводческих комплексах практикуется бесподстилочное содержание животных, при котором получается бесподстилочный жидкий навоз — подвижная смесь кала, мочи и технологической воды. Средний выход бесподстилочного навоза от одного животного — 12 л (8 л кала, 2 л мочи и 2 л воды). В производственных условиях за счет технологических вод выход навоза по сравнению с количеством экскрементов животных может увеличиваться на 25 % [1].

Особенность навозоудаления из зданий свиноводческих комплексов заключается в том, что образующийся навоз обладает текучестью. Это позволяет удалять его самотеком сквозь щели пола, на котором расположены животные, в подвальный часть здания или в специальные лотки, далее по трубопроводу навозоудаления к навозохранилищу.

Известно, что свиной навоз характеризуется высокой агрессивностью не только по отношению к окружающей среде, но и по отношению к бетону, из которого наиболее часто изготавливают емкости навозосборников и навозоотводящие лотки. Высокая агрессивность навоза при непосредственном контакте с железобетонными элементами проявляется в разрушении арматуры, в химической коррозии бетона, приводящей к образованию трещин и свищей преимущественно в днищах навозосборников и лотков, что не исключает возможность проникновения грунтовых вод во внутрь навозосборников и жидкой составляющей навоза (навозной жиже и навозным стокам) — просачиваться сквозь образовавшиеся свищи и трещины



в подстилающий грунт и попадать в горизонты подземных вод, загрязняя их.

Исследованиями, проведенными в лабораториях НИИ прикладной и экспериментальной экологии Кубанского госагроуниверситета и эпизоотологии Краснодарского научно-исследовательского ветеринарного института, установлено, что навоз и навозные стоки характеризуются не только интенсивным загрязнением органическими веществами (мочевой, фенолами, медицинскими препаратами, добавляемыми в корм и др.), неорганическими веществами (соединениями азота, тяжелых металлов и др.), а также патогенными и условно-патогенными микроорганизмами, но и длительными сроками их выживаемости. Свежий свиной навоз в соответствии с "Критериями отнесения отходов к классу опасности для окружающей среды", утвержденными приказом МПР России от 15.06.2001 г. № 511, относится к третьему классу опасности (токсичные отходы) [2, 3].

Водные источники (как поверхностные, так и подземные) взаимосвязаны между собой и используются в совокупности не только на местном уровне, но и в межгосударственном масштабе. Следовательно, их загрязнение навозной жижей и навозными стоками может стать причиной серьезной экологической катастрофы.

Используемые для питьевого водоснабжения подземные воды в основном соответствуют нормативам, однако их загрязнение в последние годы возрастает. В настоящее время основным в системе водопользования является использование подземных источников, которые питают колодцы, водозаборы, сообщаются с открытыми водоемами. Прогнозируемые ресурсы российских подземных вод составляют около 320 км<sup>3</sup> в год, а эксплуатационные запасы — приблизительно 30 км<sup>3</sup> в год [4, 5].

Запасы пресной воды в подземных источниках определяют возможности борьбы с болезнями, снижения смертности, достижения санитарно-гигиенической стабильности и безопасности людей и животных. Минимальным количеством пресной воды, необходимым для нужд сельского хозяйства, промышленности, энергетики и жилищной среды принято считать 1700 м<sup>3</sup>/год на человека. При обеспеченности пресной водой ниже 1000 м<sup>3</sup>/год на человека говорят о дефиците водных ресурсов, а при уровне ниже 500 м<sup>3</sup>/год на человека — об абсолютном дефиците воды [6].

Экологическая безопасность водных объектов является залогом безопасного питьевого водоснабжения, которое служит основой улучшения качества жизни людей. В этой связи снижение негативного влияния навоза на водные источники наиболее эффективно может быть достигнуто за счет применения прогрессивных конструктивных ре-

шений свиноводческих зданий и соответствующих технологий их возведения.

В ООО "ВСО СтройМеханизация" при консультациях специалистов кафедры проектирования и строительства промышленных и гражданских сооружений Российского университета дружбы народов разработано и успешно применяется техническое решение навозосборника [6], характеризующееся высокой технологичностью строительства и эксплуатации, устойчивостью конструкций к агрессивному воздействию навоза и более низкими значениями первоначальной стоимости и эксплуатационных затрат. Разработанное техническое решение использовано при строительстве свиноводческих комплексов в Измалковском районе Липецкой области, в Жирятинском районе Брянской области, в Павловском районе Краснодарского края. В настоящее время строятся подобные свинофермы в Жирятинском районе Брянской области и в Рославльском районе Смоленской области.

В основу конструктивного решения поставлена задача создания навозосборника с высокими экологическими и гидроизоляционными характеристиками, не требующего применения дорогостоящих бетонов высоких марок и высокой химической и водостойкости, а также с простой технологией производства работ и значительным снижением единовременных и эксплуатационных затрат по сравнению с аналогами.

Для решения указанной задачи поверх днища, выполненного из уплотненного грунта, укладывают гидроизоляционный ковер из гибкого непроницаемого для жидкости материала как одно целое на всю площадь днища с переходом на вертикальные поверхности стен, предохраняя их от коррозионного воздействия навоза. На рис. 1 представлен гидроизоляционный ковер (геомембрана) в стадии укладки на днище навозосборника.

Гидроизоляционный ковер закреплен на горизонтальной поверхности стен по контуру прижатием конструктивными элементами решетчатого пола. В донной плоскости по осям навозоотводящих воронок в опорных плитах гидроизоляционный ковер выполнен с отверстиями для отведения навоза, навозной жижи и навозных стоков, стекающих по поверхности днища, выполненного с соответствующими уклонами. Герметичность соединения гидроизоляционного ковра с навозоотводящими воронками, установленными в железобетонных опорных плитах, обеспечивается за счет того, что на свежеуложенный бетон установлены пластины, выполненные из того же материала, что и гидроизоляционный ковер. При этом пластины выполнены с отверстиями для пропуска навоза в навозоотводящие воронки и с бортами, которые ориентированы в



Рис. 1. Гидроизоляционный ковер на днище навозосборника

сторону поверхности бетона опорных плит навозоотводящих воронок. Отверстия в навозоотводящих воронках выполнены соосно с отверстиями в гидроизоляционном ковре и в пластинах и соединены с трубопроводами навозоотводящей системы.

Необходимость в этом узле обусловлена тем, что требуется обеспечить герметичность днища в области навозоотводящих воронок, а материал гидроизоляционного ковра, как правило, не имеет адгезии к бетону. Навозоотводящие воронки с опорными плитами выполнены как отдельные закладные детали, установленные по осям сетки навозоотводящих отверстий в уплотненное грунтовое основание днища. Установка железобетонных опорных плит навозоотводящих воронок как отдельных закладных элементов позволяет исключить сплошную укладку бетона на поверхность днища навозосборника и снизить его расход при прочих равных условиях. Важно отметить, что опорные плиты предназначены только для закрепления указанных пластин, герметизирующих узел соединения ковра покрытия днища с навозоотводящими воронками. Остальная часть основания днища выполнена из уплотненного грунта. На рис. 2 представлен внешний вид песчаного основания днища навозосборника.

В развитие полученных результатов строительства навозосборников для свиноводческих комплексов [8] специалистами Российского университета дружбы народов и ООО "ВСО СтройМеханизация" усовершенствовано техническое решение

навозосборника с приданием ему более высоких гидроизоляционных характеристик [9]. Это техническое решение предусматривает устройство основания днища из послойно уплотненного грунта со структуризацией и увлажнением водным раствором полиакриламида. Водный раствор полиакриламида позволяет структурировать частицы грунта за счет увеличения их подвижности относительно друг друга под действием уплотняющего элемента. После испарения воды полиакриламид приобретает склеивающие свойства, связывая уплотненные частицы грунта между собой. Использование водного раствора полиакриламида в количестве, необходимом для получения оптимальной влажности грунта при его уплотнении, позволяет получить основание днища навозосборника высокого качества с необходимой и достаточной несущей способностью для целей сбора и удаления навоза. Опорные плиты воронок навозоудаления установлены так, что уровень их верхней поверхности совпадает с уровнем поверхности уплотненного грунта основания днища. Это позволяет сформировать плоскую поверхность днища навозосборника и обеспечить условия самотечного перемещения навозной массы к воронкам навозоудаления с минимальным гидравлическим сопротивлением. На рис. 3 представлен внешний вид гидроизоляционного ковра на днище навозосборника в процессе строительства.

Полотна гидроизоляционного ковра неразъемно соединены между собой непрерывным герме-



Рис. 2. Внешний вид песчаного основания днища навозосборника

тичным швом. Это позволяет выполнить указанный ковер как одно целое с любыми конструктивными размерами навозосборника.

На вертикальной поверхности стен гидроизоляционный ковер зафиксирован крепежными элементами, предназначенными для обеспечения необходимой площади прижатия без эффекта прокалывания гибкого и относительно мягкого материала гидроизоляционного ковра. Закрепление гидроизоляционного ковра на вертикальных поверхностях стен позволяет предотвратить его провисание в этой части конструкции под действием как собственного веса, так и под действием сил сцепления навозной массы с материалом гидроизоляционного ковра.

Крепежные элементы накрыты дисками из материала, одинакового с материалом гидроизоляционного ковра, неразъемно соединенными с ним по всему контуру непрерывным герметичным швом. Такое решение необходимо для предотвращения коррозии крепежных элементов, которые выполнены, как правило из металла, происходящей под воздействием агрессивной среды навозной массы. Предотвращение непосредственного контакта навоза с крепежными элементами обеспечивает их долговечную работу по своему назначению.

Навозосборник работает следующим образом. Животные размещены в станках, имеющих, по крайней мере, часть пола, выполненного из решетчатых плит. При дефекации животных их каловая

масса и навозная жижа поступают сквозь решетчатый пол в полость навозосборника. Гидроизоляционный ковер, закрепленный на горизонтальных поверхностях стен и по днищу на опорных плитах в местах установки навозоотводящих воронок, позволяет обеспечить устойчивость днища к воздействию сил, возникающих при движении навоза по днищу. Навоз накапливается в навозосборнике с последующим удалением по самосплавной вакуумной системе периодического действия в навозохранилище для дальнейшего технологического передела. На всем пути от животного до трубопровода системы навозоотведения навоз не имеет непосредственного физического контакта с материалом конструкции навозосборника и крепежных элементов, для которых он является агрессивным веществом.

Реализация навозосборника по разработанным техническим решениям не требует применения дорогостоящего химически стойкого и водостойкого бетона высокой марки со специальными добавками, что существенно снижает стоимость навозосборника при прочих равных условиях, способствует упрощению технологии производства работ и сокращению (по сравнению с бетонными аналогами) сроков строительства. При этом, несмотря на потребность в производственном персонале со специальной профессиональной подготовкой, затраты на оплату его труда сокращаются, так как предлагаемая технология предусматривает пот-



Рис. 3. Внешний вид гидроизоляционного ковра на днище навозосборника в процессе строительства

ребность в меньшем в 5–6 раз количестве рабочих. Совокупность технических, технологических и организационных решений позволяет существенно (в среднем на 27 %) снизить единовременные затраты на устройство навозосборников.

Закрепление гидроизоляционного ковра на горизонтальных и вертикальных поверхностях стен по контуру, а также по поверхности днища на опорных плитах навозоотводящих воронок позволяет обеспечить надежную работу навозосборника при эксплуатации свинарника, при промывке, соскоблении навозной массы или ее самотечном перемещении по облицованным поверхностям. Применение водного раствора полиакриламида для увлажнения грунта при его уплотнении позволяет получить основание днища высокого качества и несущей способности. Гидроизоляционный ковер и отведение навоза через специальные воронки позволяет предотвратить образование коррозионных свищей и трещин, и исключить попадание жижи навозных стоков в грунт и подземные воды. Неразъемное соединение между собой полотен гидроизоляционного ковра позволяет создавать навозосборники любых размеров, не ограниченных длиной и шириной полотна, например, на основе полиэтилена.

Таким образом, применение разработанных технических решений создания навозосборников позволяет повысить техническую и экономическую эффективность строительства свиноводческих

комплексов, обеспечить экологическую безопасность зданий свиноводческих комплексов посредством предотвращения попадания навоза, навозной жижи и навозных стоков в грунт и подземные воды и не допустить негативное воздействие на окружающую среду и водные ресурсы.

#### Список литературы

1. Смирнов П. М., Муравин Э. А. *Агрохимия*. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1991. — 287 с.
2. Пономарева Ю. В., Баранова С. Б., Теучеж А. А., Провицен Е. В., Суслов О. Н. Применение биопрепарата "Тамир" для ускоренной переработки подстилочного и бесподстилочного навоза в органические удобрения // *Технология животноводства*. — 2010. — № 5–6 (28).
3. Болоцкий И. Л., Семенов В. И., Пруцаков С. В., Васильев А. К., Крюков Н. И. Анализ методов обеззараживания животноводческих стоков и помета с ферм // *Ветеринария Кубани*. — 2008. — № 3.
4. Квартенко В. С., Свинцов А. П. Экологические проблемы водоснабжения населения // *Экология и промышленность России*. — 2008. — № 9. — С. 24–27.
5. Свинцов А. П., Квартенко В. С. Водопотребление и водосбережение в жилищном фонде // *Безопасность жизнедеятельности*. — 2008. — № 10. — С. 35–38.
6. Доклад ООН о развитии человека "Что кроется за нехваткой воды: власть, бедность и глобальный кризис водных ресурсов". — Нью-Йорк, 2006. — 422 с.
7. Соляник А. Ю., Баранов А. Н., Шкиленко С. И., Шкиленко А. С., Свинцов А. П. Навозосборник // Патент РФ № 2386245. — 2010. — Бюл. № 11.
8. Свинцов А. П., Рогов В. А., Николенко Ю. В., Шкиленко А. С. Специальные работы при строительстве свиноводческих комплексов // *Монтажные и специальные работы в строительстве*. — 2010. — № 11. — С. 23–25.
9. Свинцов А. П., Шубин А. М., Мукарзель С. А. Навозосборник // Патент РФ № 100702. — 2010. — Бюл. № 36.

УДК 614.84

**С. В. Алексеев**, асс., **Ф. М. Гимранов**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,  
**В. А. Алексеев**, канд. техн. наук, доц., Казанский национальный  
исследовательский технологический университет  
E-mail: [Alekseev\\_v\\_a@mail.ru](mailto:Alekseev_v_a@mail.ru)

## Оценка последствий возможных аварий на магистральных нефтепроводах

*Предложена методика прогнозирования площадей разливов и построения карт разливов при авариях на магистральных нефтепроводах. Приведены результаты моделирования аварий на подземной и подводной частях магистрального нефтепровода.*

**Ключевые слова:** разлив нефти, магистральный нефтепровод, подводный переход, аварийный разлив

**Alekseev S. V., Gimranov F. M., Alekseev V. A. Assessing the consequences of possible accidents on the main oil pipelines**

*In this article the technique of predicting areas of spills and spills in the construction of maps of accidents on main pipelines. The results of simulation of accidents in underground and underwater parts of the oil pipeline.*

**Keywords:** oil spill, oil pipelines, underwater passage, emergency spill

К надежности магистральных нефтепроводов предъявляются высокие требования, так как даже незначительные повреждения, связанные с потерей герметичности, приводят к тяжелым экологическим последствиям.

Общая протяженность трубопроводов в России превышает 228 тыс. км, а более 47 тыс. км из них — это магистральные нефтепроводы, по которым транспортируется примерно 99 % добываемой в России нефти. При этом половина эксплуатируемых магистральных нефтепроводов построена 30...35 лет назад при нормативном сроке эксплуатации этих систем 10...25 лет. В основном аварии на нефтепроводах происходят по причине износа труб из-за внутренней коррозии магистральных нефтепроводов. По данным Министерства природных ресурсов Российской Федерации, 50 % магистральных нефтепроводов физически устарели и относятся к категории высокоаварийных.

Помимо этого необходимо отметить, что в системе магистральных нефтепроводов России экс-

плуатируется свыше 2000 подводных трубопроводов, расположенных на 785 переходах через крупные реки и другие водные преграды. Суммарная протяженность подводных переходов между береговыми задвижками составляет 1330 км. Подводные переходы через водные преграды являются наиболее ответственными сооружениями линейной части магистральных трубопроводов.

Объемы утечек нефти при разгерметизации нефтепроводов зависят от места и размеров повреждения, а также от времени его обнаружения и устранения. Количество вытекшей нефти может оказаться значительным даже при относительно небольших повреждениях, если они остаются незамеченными в течение длительного времени.

Необходимость своевременного и достоверного прогнозирования последствий аварийных разливов нефти на трубопроводном транспорте диктуется современным законодательством в области экологии и промышленной безопасности. Информация о поведении и характере пятна в том или ином случае позволяет максимально быстро ввести механизм борьбы с утечкой, тем самым, сократить количество разлившейся нефти и уменьшить экологический ущерб. Несмотря на очевидную значимость такой информации, существующее на данный момент методики ее получения не способны предоставить полное описание поведения и характера разлива нефти.

Для получения детального описания последствий возможных аварий предлагается использовать методику, описанную в ранее опубликованных работах [1], и адаптировать ее для решения поставленной задачи.

При адаптации методики были приняты следующие допущения:

- используется мультифазная модель с четырьмя фазами: 1) вода; 2) нефть; 3) грунт; 4) воздух;
- не учитывается теплообмен между фазами;
- течение жидкостей является ламинарным;
- рассматривается растекание Ньютоновской жидкости;

- физические свойства жидкости в процессе разлива не изменялись;
- волнообразование при ветре на водной поверхности не учитывалось.

Согласно проведенному анализу наибольшее влияние на характеристики разлива нефти оказывают следующие факторы:

- при разливе на суше — рельеф местности, убывание жидкости за счет фильтрации в грунт, испарение жидкости;
- при разливе на воде — сила поверхностного натяжения, течение воды, влияние ветра.

Для учета этих факторов задавались граничные условия, перечисленные ниже.

На границе раздела фаз нефть — грунт, задавались условия фильтрации жидкости в грунт (1), (2) [2].

$$w_z = -\frac{\kappa_0}{\mu} \frac{\partial P}{\partial z}; \quad (1)$$

$$\kappa_0 = \frac{D^2 m^3}{150(1-m)^2}, \quad (2)$$

где  $\kappa_0$  — коэффициент проницаемости грунта,  $\text{м}^2$ ;  $\mu$  — коэффициент динамической вязкости жидкости,  $\text{Па} \cdot \text{с}$ ;  $P$  — давление, измеренное по оси  $z$ ,  $\text{Па}$ ;  $m$  — влагоемкость грунта,  $\text{м}^3/\text{м}^3$ ;  $D$  — диаметр частиц грунта,  $\text{м}$ .

На границе раздела фаз нефть — воздух задавались условия испарения жидкости (3) [3]. При  $z = h_{\text{жид}}$

$$w_z = 10^{-6} \eta \sqrt{M} P_{\text{н}}, \quad (3)$$

где  $\eta$  — коэффициент, зависящий от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения;  $M$  — молярная масса,  $\text{кг}/\text{моль}$ ;  $P_{\text{н}}$  — давление насыщенного пара,  $\text{Па}$ ;  $h_{\text{жид}}$  — толщина слоя жидкости,  $\text{м}$ .

Существенное влияние на поведение нефтяного пятна при разливе на водной поверхности оказывает сила поверхностного натяжения. Эта величина становится существенной, когда сила поверхностного натяжения становится равной градиенту давления. Такое условие наступает, когда толщина слоя нефтепродукта  $h$  в процессе растекания пятна достигает величины, определяемой по следующей формуле

$$h = \sqrt{\frac{\sigma}{g(P - P_{\text{н}})}}, \quad (4)$$

где  $\sigma$  — суммарное поверхностное натяжение,  $\text{Н}/\text{м}$ , равное  $\sigma = \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3$ ;  $\sigma_1$  — поверхностное натяжение на границе раздела фаз вода—воздух;  $\sigma_2$  — межфазное поверхностное натяжение на границе раздела фаз вода—нефть;  $\sigma_3$  — поверхностное натяжение на границе раздела фаз нефть—воздух.

Данные граничные условия совместно с математической моделью движения жидкости были реализованы в программно-расчетном комплексе на ЭВМ.

Для доказательства практической значимости предложенной методики проведены численные эксперименты, имитирующие гильотинный разрыв подземной и подводной частей магистрального нефтепровода. При проведении эксперимента были приняты следующие условия:

- 1) происходит квазимгновенный гильотинный разрыв магистрального нефтепровода;
- 2) диаметр трубопровода 1220 мм;
- 3) расход нефти составлял  $0,27 \text{ м}^3/\text{с}$ ;
- 4) плотность нефти 860  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;
- 5) скорость течения реки, одинаковая по всему объему жидкости, 8  $\text{км}/\text{ч}$ ;
- 6) время закрытия задвижек 300 с;
- 7) глубина залегания подземной части нефтепровода 2 м;
- 8) глубина залегания подводного перехода 5 м.
- 9) нефтеемкость грунта (супесь, суглинок)  $0,2 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ;
- 10) профиль трубопровода — горизонтальный.

Результаты проведенного численного эксперимента представлены ниже. Эти результаты фиксировались при достижении времени расчета, равного 300 с. На рис. 1 представлены карты разлива при разгерметизации подводного перехода нефтепровода и влиянии на разлив течения реки (а), и влияние на разлив течения реки и ветра (б). Скорость течения реки составляла 8  $\text{км}/\text{ч}$ , а скорость ветра 5  $\text{м}/\text{с}$ . Объем разлива составил  $63 \text{ м}^3$  в течение 300 с, площадь разлива составила в первом случае 1930  $\text{м}^2$ , а во втором 2870  $\text{м}^2$ . На рис. 2 представлены карты разлива при разгерметизации подземной части нефтепровода. Объем разлива  $64,8 \text{ м}^3$ , площадь разлива 651  $\text{м}^2$ .

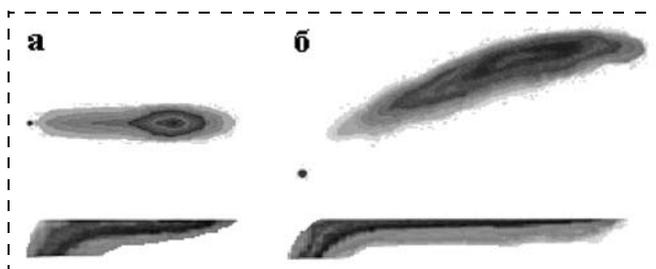


Рис. 1. Карты разлива нефти на воде

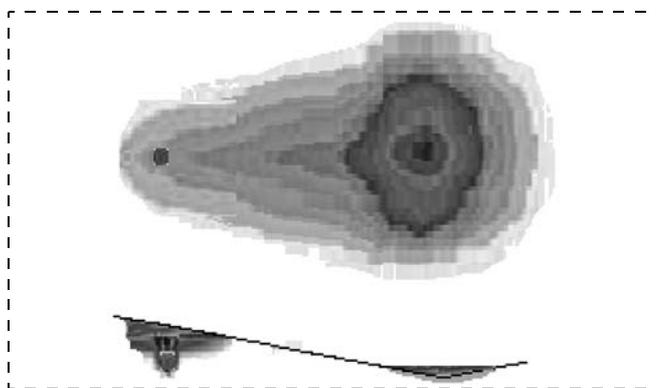


Рис. 2. Карта разлива нефти на суше



Подводя итог, хотелось бы отметить, что предлагаемая методика позволяет не только рассчитывать количество опасного вещества, поступающего в окружающую среду, но и получать достаточно точные карты возможных разливов. Основываясь на этой информации, у предприятий, эксплуатирующих магистральные нефтепроводы, появляется возможность заблаговременно подготовиться к ликвидации возможных аварий, а также установить дополнительные защитные сооружения на особо ответственных участках нефтепроводов.

#### Список литературы

1. **Алексеев В. А.** Моделирование течения жидкости при разгерметизации резервуарного оборудования / В. А. Алексеев, С. И. Поникаров, С. В. Алексеев // Вестник Каз. технолог. ун-та, Казань. — 2009. — № 6. — С. 232—235.
2. **Басниев К. С.** Подземная гидромеханика / К. С. Басниев, И. Н. Кочина, В. М. Максимов. — М.: Недра, 1993. — 416 с.
3. **ГОСТ Р 12.3.047—98** Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля (принят постановлением Госстандарта РФ 03.08.1998 г. № 304). — М.: Изд-во стандартов, 1998. — 86 с.

## РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 504.856

**И. Д. Алборов**, д-р техн. наук, проф., **Ф. Г. Тедеева**, канд. техн. наук, доц., СКГМИ (ГТУ), г. Владикавказ  
E-mail: ekoskgmi@rambler.ru

### Экозависимость проживающих в зоне деятельности горно-металлургической промышленности

*В статье приведены результаты проведенных исследований по влиянию экологического состояния окружающей природной среды в зоне деятельности горно-металлургических объектов на здоровье населения. Показаны последствия такого воздействия и даны выводы по выходу из этого состояния.*

**Ключевые слова:** уровень заболеваемости населения, загрязненность воздуха, концентрация пыли, острые респираторные заболевания, динамика заболеваемости, эколого-медицинская обстановка

**Alborov I. D., Tedeeva F. G. Environmental dependence of living in the area of mining and metallurgical industry**

*The results of studies on the influence of ecological environment in the area of mining and facilities on public health. Showing the consequences of such action and give conclusions on the way out of this state.*

**Keywords:** the level of morbidity, air pollution concentrations of dust, acute respiratory infections, dynamics of disease, environmental and medical conditions

Среди населенных пунктов в Северо-Кавказском регионе, наиболее подверженных прямому воздействию горно-металлургических производств, являются населенные пункты Тырнауз, Садон, Мизур, Уруп, Владикавказ. Исследование роста заболеваемости населения от негативных экологических факторов яв-

ляется важным моментом для принятия необходимых организационных, инженерно-технических и медико-профилактических мер по улучшению демографической ситуации.

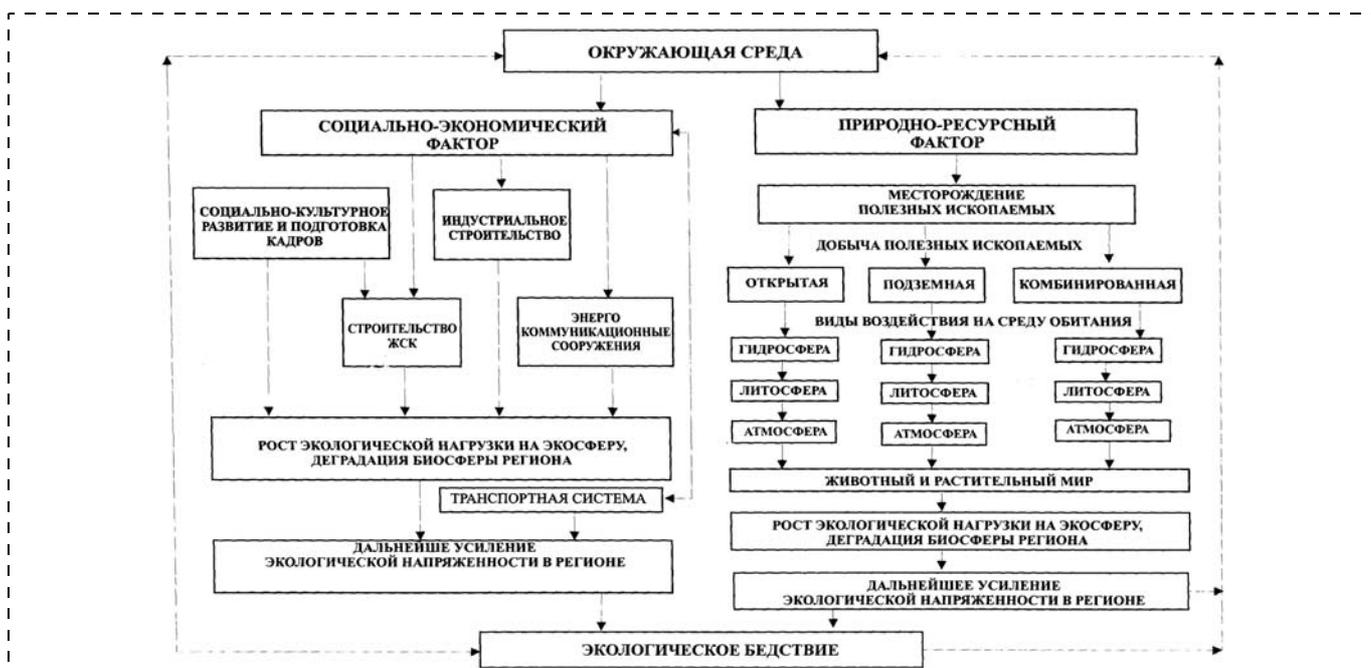
По мнению специалистов и исследователей, все очевиднее стала вырисовываться прямая зависимость роста детской заболеваемости от антропогенных экологических факторов (Якушенко М. Н., Тищенко И. М., 1989; Боков С. Н., Овакимян Р. Р., 1990), существенное влияние на организм ребенка оказывают также погодно-климатические и климатогеографические условия (Зоркайло Л. М., 1982; Мазурин А. В., Григорьев К. М., 1990).

В Северо-Кавказском регионе в наиболее напряженной экологической ситуации находится г. Владикавказ площадью около 300 км<sup>2</sup>, вмещающий около 75 % промышленного потенциала Республики Северная Осетия — Алания. Это более 1200 промышленных предприятий, среди которых два крупных металлургических завода "Электроцинк" и "Победит" с многоплощадными отходами производства пирометаллургического цинка, в составе которых токсичные и тяжелые металлы, кремниевая кислота и радиоактивные составляющие ряда химических предприятий, электронных комплексов, спиртовых артерий и других, выбрасывающих в окружающую среду до 120 000 т химических веществ [1]. Горные территории имеют вертикальную зональность с характерным ландшафтом. Ландшафт исключительно четко определяет потенциал загрязнения окружающей среды природными и техногенными факторами.

Поэтому необходимо раскрыть возможный уровень взаимовлияния техносферы в районе деятельности нагорных горно-промышленных объектов с природными компонентами. Все виды ландшафтов имеют место в горных экосистемах Северо-Кавказского региона. Поэтому раскрытие закономерностей взаимовлияния экологовозмущающих факторов позволит выработать конкретные меры по согласованному развитию природно-техногенных систем: добыча руды — переработка — металлургия — окружающая среда. Низовья гор, на которые распространяется воздействие горно-металлургического комплекса, включая сопровождающую его инфраструктуру: транспортные коммуникации, энергопроводы, хранилища отходов, в настоящее время находятся под постоянно возрастающим техногенным воздействием, обусловленным влиянием горного производства. Под влиянием его деятельности неуклонно увеличивается техногенное наступление несвойственных данной природной среде элементов и включение их в круговорот веществ, энергии, что приводит к постепенной трансформации биогенного ландшафта в техногенный. В условиях формирования техногенных ландшафтов меняются физико-химические и механические свойства почвы, исчезают присущие данной природной среде растения и животные во всем их многообразии, и как показывает практика, эти изменения могут происходить неоднократно в течение незначительного исторического времени, при стихийном течении вызывающих их обстоятельств, что крайне отрицательно может сказываться на стабильности и целостности биосферы региона. Исследованиями установлено [2], что экологическая напряженность в зоне деятельности горно-промышленных объектов Кавказа характеризуется повышенной

техногенной нагрузкой, что приводит к постепенной деградации природно-рекреационных, биоэнергетических и курортно-оздоровительных ресурсов, и может привести к истощению и потере их потенциальных свойств, развитию устойчивых разрушительных проявлений на генетическом уровне.

На рисунке приведена принципиальная блок-схема взаимодействия основных факторов в районе деятельности горно-промышленного объекта. Как видно из рисунка, практически любая форма техногенной деятельности прямо или косвенно влияет на усиление экологической напряженности в регионе. Вследствие географических особенностей г. Владикавказ (город окружен с трех сторон горами) его климат характеризуется высокой влажностью и низкой скоростью ветра. В результате вредные промышленные выбросы не рассеиваются, а концентрируются в черте города. Большое количество атмосферных осадков двояким образом влияет на экологическое состояние окружающей среды — уменьшается количество загрязняющих веществ (оксидов серы, оксидов азота, пыли и др.) в атмосфере и одновременно происходит загрязнение земной поверхности кислотными остатками (Джикаев Ю. Ш., Алборов И. Д., 1992). Экологическая опасность усугубляется еще и потому, что окружающую среду загрязняют не только тяжелые металлы, но диоксид серы, оксиды азота, соединения мышьяка, выхлопные газы и др., включая выбросы органической природы (бензол, толуол и др.). Комбинация этих ксенобиотиков представляет большую опасность для жизни (Чопикашвили Л. В. и др.). Для установления корреляционной зависимости между отрицательными экологическими факторами и состоянием здоровья детей с учетом



Принципиальная блок-схема взаимодействия экоформирующих факторов окружающей среды (ЖСК — жилищно-строительный комплекс)



Таблица 1

## Эколого-медицинская обстановка (зима)

Загрязняющее вещество	Показатель по зонам в долях ПДК				
	I	II	III	IV	V
Пыль	5,2	3,3	0,78	0,25	5,2
Диоксид серы	1,9	0,5	2,3	3,36	0,4
Диоксид азота	1,8	1,3	0,7	0,7	1,8
Свинец	8,0	5,0	1,5	1,0	1,0
Оксид углерода	1,9	0,7	0,6	1,0	1,5
Заболеваемость на 1000 чел.	618	579	807	795	835

конкретного района проживания, времени года и розы ветров были определены следующие задачи:

- установить характер связи между экологической обстановкой и заболеваемостью детей;
- установить течение и формы заболеваний органов дыхания у детского населения;
- определить наиболее чувствительный и информативный показатель состояния здоровья детей для оперативной оценки медико-экологической обстановки.

В соответствии с поставленными задачами было обследовано организованное и неорганизованное детское население в возрасте до 14 лет (72 579 человек). Кроме того, проводили углубленное выборочное обследование 50 детей того же возраста [3] методом комплексного медицинского осмотра с участием педиатров, отоларинголога, психоневролога. Исследованиями установлено, что основную массу болезней органов дыхания (93 %) составляли респираторные заболевания.

Эколого-медицинская обстановка в одной из зон районов г. Владикавказа, наиболее полно характеризующая состояние здоровья детей, приведена в табл. 1.

Как видно из приведенных данных, концентрация примесей в атмосферном воздухе колеблется по пыли от 0,25 до 5,2 ПДК, по диоксиду серы от 0,4 до 3,36 ПДК, по диоксиду азота от 0,7 до 1,8 ПДК, по свинцу от 1 до 8 ПДК, по оксиду углерода от 0,6 до 1,9 ПДК.

Погодные условия в течение выполнения эксперимента характеризовались осадками в виде снега (2...8 мм), стояла снежная дымка, туман, скорость ветра от 1 до 3 м/с, направление ветра ночью преобладало южное, днем — северо-западное. Такие метеоусловия способствовали вымыванию загрязнителей из атмосферного воздуха, что в свою очередь приводит к повышению их концентрации в приземном слое.

Летний период отражается на показателях заболеваемости населения, приведенных в табл. 2.

Летом, как видно из таблицы, концентрация вредных примесей несколько уменьшается. Уменьшилась и заболеваемость в 3 раза и более, что, по мнению авторов, является результатом более равномерного распространения вредных примесей от источников их поступления в окружающую среду. Погодные условия способствуют вымыванию из атмосферы загрязняющих примесей в дни, когда идут дожди, и усилению образования пыли. Была установлена определенная закономерность динамики заболеваемости

Таблица 2

## Эколого-медицинская обстановка (лето)

Загрязняющее вещество	Показатель по зонам в долях ПДК				
	I	II	III	IV	V
Пыль	2,6	2,0	4,16	1,8	2,6
Диоксид серы	2,5	0,3	5,94	3,5	0,4
Диоксид азота	1,3	1,3	1,13	1,02	1,5
Оксид углерода	1,5	1,0	0,9	0,9	0,6
Свинец	3,5	3,0	1,0	1,0	3,2
Заболеваемость на 1000 чел.	299	370	285	235	248

острыми респираторными вирусными заболеваниями от экологической ситуации и метеорологических условий. Наиболее высокий уровень заболеваемости наблюдается в той зоне, где отмечалась повышенная концентрация пыли в сочетании с высоким уровнем других загрязняющих веществ. Чаще всего это были диоксид серы, свинец или диоксид углерода. Исследованиями была выявлена сезонная динамика частоты острых респираторных вирусных инфекций. Такой характер распределения заболеваемости происходит под влиянием сезонных изменений метеорологических условий (Мазурин А. В., Григорьев К. И., 1990 г.).

На основании полученных результатов исследований можно сделать перечисленные ниже выводы.

1. Высокая концентрация пыли в атмосфере является одной из наиболее частых причин повышения уровня заболеваемости детского населения острыми инфекциями верхних дыхательных путей.

2. Совместное воздействие двух и более загрязняющих атмосферу примесей на детское население повышает риск учащения случаев острых респираторных вирусных заболеваний.

3. Метеогеографические факторы: характер ландшафта, количество осадков, направление и скорость ветра оказывают непосредственное влияние на частоту и характер острых респираторных заболеваний.

4. Уровень заболеваемости населения острыми респираторными вирусными инфекциями в течение года носит сезонный характер.

5. Течение острых респираторных вирусных заболеваний в зонах экологического неблагополучия у каждого третьего ребенка принимает рецидивирующий характер, а у каждого пятого может осложниться стенозом гортани.

Таким образом, на основании предварительных исследований можно констатировать, что уровень заболеваемости проживающего населения в рассматриваемой зоне зависит, главным образом, от показателей загрязненности сфер их обитания. Поэтому дальнейшее более глубокое изучение и научное обоснование безопасных параметров функционирования экосистем в зоне действия горно-промышленных объектов является актуальной задачей.

## Список литературы

1. Государственный доклад "О состоянии и об охране окружающей среды Республики Северная Осетия — Алания в 2002 году". — Владикавказ, 2003. — 16 с.
2. Алборов И. Д., Тедеева Ф. Г. Экоформирующие факторы при добыче и переработке руд // Устойчивое развитие горных территорий. — 2010. — № 2 (4). — С. 39—46.

## О новом национальном стандарте РФ "Взрывоопасные среды. Часть 17. Проверка и техническое обслуживание электроустановок"

В 2011 г. введен в действие ГОСТ Р МЭК 60079-17—2010 "Взрывоопасные среды. Часть 17. Проверка и техническое обслуживание электроустановок".

В предисловии стандарта отмечается, что этот документ идентичен международному стандарту МЭК 60079-17:2007 "Взрывоопасные среды. Часть 17. Проверка и техническое обслуживание электроустановок".

В разделе "Область применения" стандарта указывается, что он устанавливает требования к проверкам и обслуживанию электроустановок во взрывоопасных средах, где опасность взрыва связана с присутствием горючих газов, паров, аэрозолей, пыли волокон или взвешенных частиц. Обращается внимание, что стандарт не включает другие основные требования к монтажу и проверке электроустановок, проверке электрооборудования, ремонту и восстановлению взрывозащищенного оборудования.

Стандарт не применяется для подземных выработок, взрывоопасных сред, в которых опасность взрыва может возникнуть вследствие присутствия сложных смесей, пыли взрывчатых веществ, для горения которых не требуется атмосферный кислород; самовоспламеняющихся веществ.

В разделе "Нормативные ссылки" дается перечень документов МЭК и других международных актов, на которых базируется ГОСТ Р МЭК 60079-17—2010.

В разделе "Термины и определения" приводится перечень понятий, используемых в рассматриваемом стандарте (взрывоопасная зона, невзрывоопасная зона, техническое обслуживание, проверка и т. д.).

В разделе стандарта "Общие требования" последние определены применительно к документации электроустановок, квалификации персонала, проверкам электроустановок, непрерывному наблюдению за их эксплуатацией, к техническому обслуживанию указанных установок, к условиям среды, в которых они эксплуатируются, к порядку отключения электрооборудования, его заземлению, уравниванию потенциалов. Кроме того комментируются условия эксплуатации, требования к переносному и передвижному электрооборудованию и его подключению, а также программам проверок электроустановок.

В подразделе "Документация" подчеркивается, что для обеспечения проверок и технического обслуживания документация должна содержать следующую информацию:

а) классификацию взрывоопасных зон, уровень защиты электрооборудования, необходимый для каждого местонахождения;

в) для газов: группу (II A, II B или II C) и температурный класс электрооборудования;

г) для пыли: группу (III A, III B или III C) и максимальную температуру поверхности;

д) характеристики оборудования, например, номинальное значение температуры, взрывозащиты, код IP, коррозионную стойкость;

е) данные, достаточные для обеспечения возможности технического обслуживания взрывозащищенного электрооборудования в соответствии с видом его взрывозащиты, например, перечень и месторасположение электрооборудования, запчастей, сертификаты, инструкции изготовителя;

ж) копии протоколов оценки.

В подразделе "Квалификация персонала" отмечается, что проверку и техническое обслуживание электроустановок должен выполнять только опытный персонал, подготовка которого включает практическое обучение работе с электрооборудованием, имеющим взрывозащиту различных видов, и освоение способов его монтажа, изучение соответствующих технических норм и правил, а также общих принципов классификации зон. Этот персонал должен проходить регулярную переподготовку и иметь свидетельства соответствующего опыта подготовки.

В соответствующем подразделе определены общие требования к электроустановкам. Согласно им перед вводом в эксплуатацию электроустановки или электрооборудования должна быть проведена их первичная проверка.

С целью поддержания электроустановок в удовлетворительном состоянии для постоянной эксплуатации во взрывоопасной зоне необходимы также: регулярные периодические проверки или непрерывное наблюдение силами квалифицированного персонала, а при необходимости техническое обслуживание.

В соответствии с указанными выше требованиями после любой настройки, техобслуживания, ремонта, восстановления или замены электрооборудования или соответствующей его части должны быть проверены согласно программе этой проверки, установленной стандартом.

Подчеркивается, что при изменении класса взрывоопасной зоны, уровня взрывозащиты электрооборудования или перемещении какого-либо электрооборудования с одного места на другое должна быть проведена проверка, подтверждающая пригодность взрывозащиты, группы или температурного класса электрооборудования для измененных условий эксплуатации.





По видам проверки делятся на первичные, периодические, выборочные. Может быть непрерывное наблюдение.

Первичные проверки проводят для контроля соответствия фактического вида взрывозащиты установленного электрооборудования требуемому. Они должны быть детальными в соответствии с программами для взрывозащиты соответствующих видов.

Периодические проверки могут быть визуальными или непосредственными в соответствии с установленными стандартом программами. По результатам визуальной или непосредственной проверки может потребоваться проведение детальной проверки.

Выборочные проверки могут быть визуальными, непосредственными или детальными. Объем и состав каждой выборочной проверки следует определять с учетом цели проверки.

Для непрерывного наблюдения используют визуальные и непосредственные проверки по установленным стандартам программам. Если условия работы электроустановки не позволяют проводить непрерывное наблюдение, то необходимо проводить периодическую проверку.

Результаты первичных, периодических и выборочных проверок должны регистрироваться и сохраняться.

В подразделе "Регулярные периодические проверки" подробно комментируются требования к осуществляющему их персоналу, а также особенности их проведения применительно к стационарному электрооборудованию и передвижному электрооборудованию.

В частности, подробно анализируются принципы выбора интервала между периодическими проверками с учетом типа электрооборудования, требования руководства изготовителя, факторов, определяющих ухудшение его характеристик, класса взрывоопасной зоны, в которой оно эксплуатируется и/или требований к уровню взрывозащиты электрооборудования и результатов предыдущих проверок. Если существуют уже установленные виды и интервалы проверок для аналогичного электрооборудования, соответствующего технологического процесса и условий окружающей среды, их рекомендуется использовать при организации проверок.

Интервал между периодическими проверками, установленный без учета рекомендаций специалистов, не должен превышать трех лет. Типовой порядок периодической проверки стационарного оборудования представлен на рисунке.

В этом же подразделе отмечено, что переносное и передвижное электрооборудование особенно подвержено повреждениям или неправильной эксплуатации, поэтому интервал между его периодическими проверками может быть сокращен. Детальная проверка указанного оборудования должна проводиться не реже одного раза в 12 месяцев. Оболочки, которые часто вскрывают, должны подвергаться детальной проверке. Переносное и передвижное электрооборудование перед применением должно подвергаться визуальной проверке обслуживающим персоналом.

В подразделе "Непрерывное наблюдение, осуществляемое квалифицированным персоналом" кон-

статируется, что в случае если электроустановки при нормальной эксплуатации осматриваются указанным персоналом, который знает, как влияют процесс и окружающая среда на ухудшение состояния электрооборудования электроустановки, он выполняет визуальные и/или непосредственные проверки в рамках своей обычной работы. Детальные проверки в связи с любой заменой, ремонтом, и изменением или регулировкой электроустановок. Регулярные периодические проверки могут не проводиться. Но в этом случае практикуется более частое присутствие квалифицированного персонала для обеспечения требуемых характеристик электрооборудования электроустановки. Непрерывное наблюдение со стороны квалифицированного персонала не отменяет необходимости первичных и непосредственных проверок.

В подразделе "Ответственность" подробно определены функции технического персонала при непрерывном наблюдении за электроустановками и электрооборудованием. Кроме того, отдельно комментируется частота проведения обслуживания и проверок, которые обеспечивают непрерывное наблюдение, применительно к окружающей среде при эксплуатации с учетом ожидаемого ухудшения характеристик оборудования, назначения и имеющегося опыта, а также требования к оформляемой документации и обучению персонала, осуществляющего непрерывное наблюдение.

Весьма важным представляется раздел "Требования по техническому обслуживанию", в котором рассматриваются специальные требования при ремонте и замене деталей в электрооборудовании, порядок вывода последнего из эксплуатации, требования к крепежным деталям и инструменту.

Влиянию условий окружающей среды посвящен специальный подраздел, в котором отмечается, что необходимо учитывать следующие факторы, связанные с воздействием указанной среды на состояние электрооборудования: коррозия, температура воздуха, ультрафиолетовое излучение, повышенная влажность воздуха, накопление пыли или песка, механические и химические воздействия.

Коррозия металла или влияние химических веществ (особенно растворителей) на компоненты из пластмассы или эластомеров могут нарушать вид взрывозащиты электрооборудования. Если оболочка или ее части подверглись сильному воздействию коррозии, их следует заменить. На пластмассовых оболочках могут образовываться поверхностные трещины, способные нарушить целостность оболочки. На металлические оболочки электрооборудования, при необходимости, следует наносить соответствующие защитные покрытия, при этом частота и характер такой обработки определяются условиями окружающей среды.

Все неблагоприятные воздействия должны, согласно стандарту, учитываться при контроле электрооборудования и его эксплуатации. В частности, следует поддерживать сохранность средств защиты электрооборудования от атмосферных воздействий. Для обеспечения правильного функционирования противоконденсационные устройства, такие как вен-



тиляционные, дренажные элементы или элементы обогрева, должны периодически проверяться.

Если оборудование подвергается вибрации, должны соблюдаться специальные требования по обеспечению плотной затяжки резьбовых соединений, в том числе вводных устройств. Необходимо также предусматривать меры для исключения образования статического электричества в процессе очистки непроводящих поверхностей электрооборудования.

Специальный подраздел стандарта посвящен отключению электрооборудования. Отдельно рассматриваются случаи электрооборудования, не содержащего и содержащего искробезопасные цепи.

Далее указывается, что важнейшим элементом технического обслуживания является устройство систем защитного заземления и уравнение потенциалов, а также учет условий эксплуатации.

Использование переносного и передвижного электрооборудования должно допускаться только в тех взрывоопасных зонах, которые соответствуют виду защиты, группе (подгруппе) и температурному классу этого электрооборудования.

В разделе стандарта "Общие требования" наибольший интерес представляют программы проверок электрооборудования. Программа проверок электрооборудования электроустановок с тремя видами защиты "d", "e" и "n" включает в себя 18 процедур (проверок соответствия) с учетом видов защиты и уровней проверок.

Применительно к монтажу электрооборудования стандарт устанавливает 14 видов проверок также с учетом взрывозащиты и уровня проверки.

Программа контроля условий окружающей среды построена по тому же принципу и включает в себя три вида проверок соответствия.

Программа проверок для электроустановок с Ex "i" "iD" и "nL", их монтажа и условий окружающей среды включает в себя перечень видов проверок соответствия в зависимости от их уровня.

По тому же принципу составлена программа проверок для электроустановок с взрывозащитой вида

"р" и "pD" (заполнение или продувка оболочки под избыточным давлением), их монтажа и контроля условий эксплуатации дается для каждого из трех уровней проверок. Также построена программа проверок электроустановок с взрывозащитой вида "tD".

В конце раздела "Общие требования" даются разъяснения по отдельным видам проверок. Подчеркивается, что при проведении всех перечисленных программ проверок необходимо соблюдать осторожность при применении испытательного оборудования в невзрывоопасной зоне, чтобы не вызвать разряды во взрывоопасной зоне.

В разделе стандарта "Дополнительные требования к содержанию проверок" указанные требования изложены применительно к различным видам взрывозащиты с учетом специфики последних.

Справочное приложение А иллюстрирует типовой порядок проведения периодических проверок (см. рисунок).

Обязательное приложение В приводит требования к знаниям, навыкам и компетентности "ответственных лиц", "технических работников с исполнительной функцией" и "квалифицированных рабочих".

Справочное приложение С посвящено введению альтернативного метода оценки риска, в котором используются "уровни взрывозащиты оборудования для Ex-оборудования".

Обязательное приложение D приводит сведения о соответствии ссылочных международных стандартов национальным стандартам РФ.

Представляется, что введение ГОСТ Р МЭК 60079-17—2010 "Взрывоопасные среды. Часть 17. Проверка и техническое обслуживание электроустановок" будет содействовать обеспечению безопасных условий труда на производстве.

*Э. П. Пышкина, канд. техн. наук, проф.,*

*А. В. Бондаренко, асп.,*

*МГТУ им. Н. Э. Баумана*

## Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии""

Журнал выходит при содействии Учебно-методического совета "Техносферная безопасность" Учебно-методического объединения вузов по университетскому политехническому образованию и Научно-методического совета "Безопасность жизнедеятельности" Министерства образования и науки Российской Федерации

**ООО "Издательство "Новые технологии". 107076, Москва, Стромьинский пер., 4**

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

**Телефон главного редактора (812) 670-9376, e-mail: [rusak-maneb@mail.ru](mailto:rusak-maneb@mail.ru)**

Дизайнер *Т. Н. Погорелова.*

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

Сдано в набор 12.05.12. Подписано в печать 22.06.12. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ712.

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 "Авансес солишнз".

Отпечатано в ООО "Авансес солишнз". 105120, г. Москва, ул. Нижняя Сыромятническая, д. 5/7, стр. 2, офис 2.