



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

11(131)
2011

Редакционный совет:

АКИМОВ В. А.
БАЛЫХИН Г. А.
БЕЛОВ С. В.
ГРИГОРЬЕВ С. Н.
ЗАЛИХАНОВ М. Ч.
(председатель)
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:
ИВАНОВ Н. И.
КАЛЕДИНА Н. О.
КАРТАШОВ С. В.
КАЧАНОВ С. А.
КАЧУРИН Н. М.
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н.
КСЕНОФОНТОВ Б. С.
КУКУШКИН Ю. А.
МАЛАЯН К. Р.
МАСТРЮКОВ Б. С.
МИНЬКО В. М.
ПАНАРИН В. М.
ПОЛАНДОВ Ю. Х.
ПОПОВ В. М.
СИДОРОВ А. И.
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г.
ФРИДЛАНД С. В.
ХАБАРОВА Е. И.
ШВАРЦБУРГ Л. Э.

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Качалов Н. А., Кукин Ю. С., Михина Т. В. Анализ тенденций динамики производственного травматизма в Российской Федерации	2
Шестаков Ю. Г., Гаврикова Е. И., Лактионов К. С. Разработка способа извлечения микроорганизмов из материала специальной одежды и определения их численности	6
Ишмухаметов И. Б. Роль дополнительной диспансеризации в оптимизации факторов риска для учительского труда	10

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Кравченко А. Е. Оценка безопасности перевозочных процессов пассажирским автомобильным транспортом в курортных зонах	13
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Алтунина Л. К., Сваровская Л. И., Филатов Д. А., Овсянникова В. С. Метод отмыва нефтешламов с применением моющих композиций на основе поверхностно-активных веществ	21
Ермолаева В. А. Исследование возможности повышения эффективности функционирования станции обезжелезивания питьевой воды	24
Перемитина Т. О., Полищук Ю. М. Оценка радиационного риска воздействия предприятий ядерного цикла на основе данных дендрохроноиндикации	31

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

Бутовский М. Э. Современные технологии извлечения ртути из ртутьсодержащих отходов	36
------------------------------------------------------------------------------------	----

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Зиновьев А. П., Зиновьев С. А., Рыжов Г. И., Рыжов И. Г. Промышленная и экологическая безопасность нефтехимических технологических установок при техногенных авариях и природных катастрофах	41
Илькухин Н. Ю. Новый принцип досмотра багажа авиапассажира с использованием установок на основе метода нейтронного радиационного анализа	47
Усанович С. А., Лумисте Е. Г. Устройство локального пожаротушения как способ снижения риска возникновения чрезвычайных ситуаций на взрывопожароопасных объектах	50

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Берестенко Е. Д., Желтиков А. А., Григорьев Ю. И. Влияние экологических условий Тульской области на динамику ростовых показателей новорожденных девочек	54
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

Приложение. Доценко В. А., Кононенко И. А. Проблемы безопасности питания населения

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 368.41

Н. А. Качалов¹, канд. экон. наук, проректор, Королёвский институт управления, экономики и социологии, **Ю. С. Кукин**, канд. техн. наук, доц., независимый эксперт, **Т. В. Михина**¹, канд. техн. наук, доц., вед. науч. сотр.

¹ ВНИИ охраны и экономики труда Минздравсоцразвития России, Москва
E-mail: mikhinatv@mail.ru

Анализ тенденций динамики производственного травматизма в Российской Федерации

Приведены данные оценки влияния снижения численности работающих и перераспределения их по видам экономической деятельности на показатели травматизма в Российской Федерации в 2000—2010 гг.

Ключевые слова: производственный травматизм, анализ тенденций, виды экономической деятельности, структура занятости

Kachalov N. A., Kukin Yu. S., Mikhina T. V. Analysis of industrial injuries tendency in Russian Federation

It is estimated the effect of decreasing in the number of workers and their redistribution by economic activity on the industrial injuries indices in the Russian Federation in 2000—2010 years.

Keywords: industrial injuries, trending, branches of economic activities, occupational pattern

В последние годы, в отличие от 90-х годов прошлого столетия, наблюдается снижение численности пострадавших от несчастных случаев на производстве [1, 2]. В связи с этим возникает соблазн связать это исключительно с мерами по предупреждению производственного травматизма. Так, например, если формально подойти к этому вопросу, можно сравнить временные ряды, описывающие увеличение объемов финансирования предупредительных мер по снижению травматизма и снижение показателей производственного травматизма, т. е. говорить о том, что чем больше финансирование, тем ниже травматизм. Такие формальные сравнения позволяют получить регрессионные уравнения, связывающие сравниваемые показатели с достаточно высокими коэффициентами детерминации и создать иллюзию высокой эффективности применяемых мер. Однако такой подход не совсем корректен. Поэтому целесообразно до-

полнительно оценивать степень влияния на уровень производственного травматизма факторов, связанных не с функционированием системы управления охраной труда, а с изменением самого объекта исследования — занятых на производстве.

В качестве исходного материала для анализа динамики производственного травматизма в Российской Федерации взяты данные Федеральной службы государственной статистики (Росстата). Несмотря на то что Росстат осуществляет выборочные обследования только около трети численности работников, занятых в экономике страны (в основном работающих на крупных и средних предприятиях), его показатели численности пострадавших на производстве отличаются от аналогичных показателей Фонда социального страхования РФ (ФСС РФ), ведущего статистику по всем страховым случаям, не столь существенно (в пределах 30 %) (табл. 1).

Это свидетельствует о том, что основная доля зарегистрированных в Единой информационной системе ФСС РФ пострадавших на производстве приходится на крупные и средние предприятия, входящие в перечень Росстата. Поэтому выводы,

Таблица 1

Динамика численности пострадавших в результате несчастных случаев на производстве с потерей трудоспособности на один день и более и со смертельным исходом по данным Росстата и Фонда социального страхования Российской Федерации

Год	Численность пострадавших на производстве, чел.		Отношение показателей Росстата и ФСС РФ, %
	Данные Росстата	Данные ФСС РФ	
2004	87 763	101 036	86,9
2005	77 744	90 965	85,5
2006	70 430	88 235	79,8
2007	66 055	85 012	77,7
2008	58 357	77 364	75,4
2009	46 078	64 660	71,3

Динамика производственного травматизма в Российской Федерации за период с 2000 по 2010 г.

Показатель	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Численность пострадавших, тыс. чел.	151,8	144,7	127,7	106,7	87,8	77,7	70,4	66,1	58,4	46,1	47,7
Индекс численности пострадавших	1	0,95	0,84	0,70	0,58	0,51	0,46	0,44	0,38	0,30	0,31
Темпы изменения численности пострадавших, %	-0,8	-4,7	-11,7	-16,4	-17,7	-11,5	-9,4	-6,1	-11,6	-21,1	3,5
Среднегодовые темпы изменения численности пострадавших, %	-9,8										

сделанные на основе анализа, проведенного по базе Росстата, вполне корректны.

Для выявления существующих тенденций рассмотрим, прежде всего, динамику численности пострадавших в результате несчастных случаев на производстве с потерей трудоспособности на один день и более за 11-летний период с 2000 по 2010 г. (табл. 2). В таблице для большей наглядности приведены также расчетные показатели: индекс численности пострадавших (численность пострадавших, отнесенная к базовому значению — численности пострадавших в 2000 г.) и темпы изменения численности пострадавших. Для визуального вос-

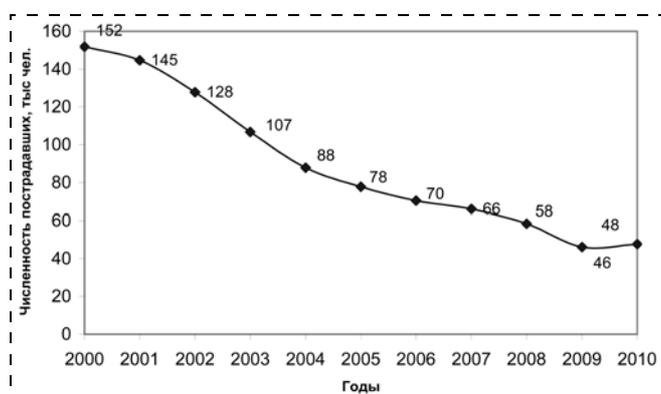


Рис. 1. Динамика численности пострадавших от несчастных случаев на производстве

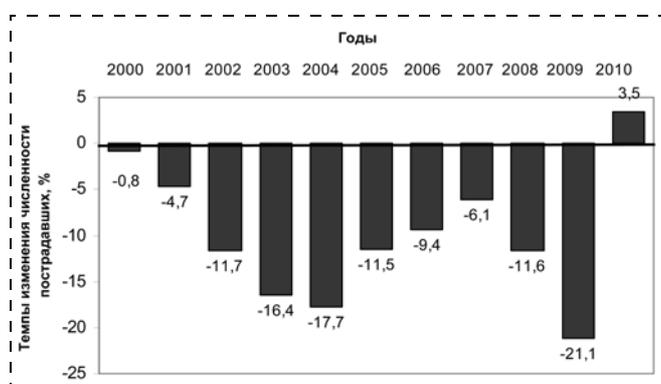


Рис. 2. Темпы изменения численности пострадавших от несчастных случаев на производстве

приятия данные табл. 2 представлены в графическом виде на рис. 1 и 2.

Как видно из табл. 2, за рассматриваемый период произошло снижение производственного травматизма на 69 %, причем наибольшие темпы снижения отмечались в 2002—2004 гг. и в 2008—2009 гг., наименьшие — в начале периода наблюдения 2000—2001 гг., в 2007 г.; а в 2010 г. наблюдался 3,5 %-ный рост численности травмированных.

Из рис. 1 видно, что численность пострадавших от несчастных случаев на производстве отображается монотонно-убывающим временным рядом с перегибами, и для его аппроксимации подходит полином четвертой степени.

Уравнение парной корреляции для временной зависимости индекса численности пострадавших от несчастных случаев на производстве представлено ниже:

$$I(t) = 1,00 - 0,027t - 0,0441t^2 + 0,0079t^3 - 0,0004t^4, \quad (1)$$

где t — условный год, равный фактическому году, минус базовый год, в качестве которого принят 2000 год.

Коэффициент детерминации близок к единице ($R^2 = 0,997$), что отражает малое отличие значений, полученных расчетным путем с использованием уравнения, от фактических данных.

Такая динамика численности пострадавших на производстве от несчастных случаев (см. рис. 1) трудно объяснима с формальной точки зрения. Вариации темпов изменения этого показателя требуют углубленного анализа. Для этого оценим влияние таких факторов, как численность наблюдаемых и их распределение по видам экономической деятельности.

Так как численность пострадавших в результате несчастных случаев на производстве $T(t)$ выражается через произведение численности наблюдаемых $N(t)$, выраженной в тыс. чел., на коэффициент частоты несчастных случаев $K_q(t)$:

$$T(t) = N(t)K_q(t), \quad (2)$$

то рассмотрим динамику этих показателей.



Таблица 3

Динамика численности наблюдаемых Росстатом за период с 2000 по 2010 г.

Показатель	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Численность наблюдаемых $N(t)$, млн чел.	29,4	29,1	28,4	27,1	25,5	24,9	24,3	24,1	23,4	21,8	21,2
Индекс численности наблюдаемых	1	0,99	0,97	0,92	0,87	0,85	0,83	0,82	0,80	0,74	0,72
Темпы изменения численности наблюдаемых, %	-0,8	-0,5	2,6	-4,7	-5,6	-2,7	-2,1	-0,9	-3,0	-6,9	-2,7
Среднегодовые темпы изменения численности наблюдаемых, %						-2,9					

Таблица 4

Динамика коэффициента частоты несчастных случаев на производстве за период с 2000 по 2010 г.

Показатель	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Коэффициент частоты несчастных случаев $K_{\text{ч}}$	5,1	5,0	4,5	3,9	3,4	3,1	2,9	2,7	2,5	2,1	2,2
Индекс $K_{\text{ч}}$	1	0,96	0,87	0,76	0,66	0,60	0,56	0,53	0,48	0,41	0,43
Темпы изменения $K_{\text{ч}}$, %	-0,1	-4,2	-9,4	-12,4	-12,8	-9,1	-7,4	-5,2	-8,9	-15,3	4,8
Среднегодовые темпы изменения $K_{\text{ч}}$, %						-7,3					

Динамика численности наблюдаемых Росстатом $N(t)$ представлена в табл. 3, ее визуальное представление — на рис. 3—4.

Как видно из табл. 3 и рис. 3—4, за период с 2000 по 2010 г. произошло снижение численности наблюдаемых на 28 %. Наиболее высокие темпы снижения численности наблюдаемых происходили в 2002—2005 и в 2008—2010 гг., наименьшие — в 2000—2001 и в 2007 гг.

Динамика коэффициента частоты несчастных случаев на производстве $K_{\text{ч}}$ (численности пострада-

давших от несчастных случаев на производстве на 1000 работающих), представлена в табл. 4, ее визуальное представление — на рис. 5—6.

Как видно из табл. 4 и рис. 5—6, снижение коэффициента частоты несчастных случаев на производстве за период 2000—2010 г. составило 57 %, причем наибольшие темпы снижения отмечались в 2003—2004 и в 2009 гг., наименьшее — в начале периода наблюдения и в 2007 г., в 2010 г. наблюдалось увеличение.

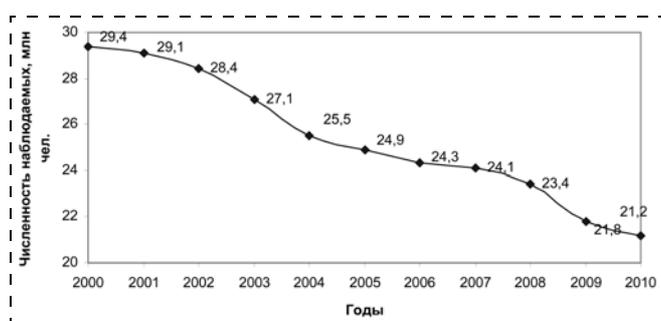


Рис. 3. Динамика численности наблюдаемых

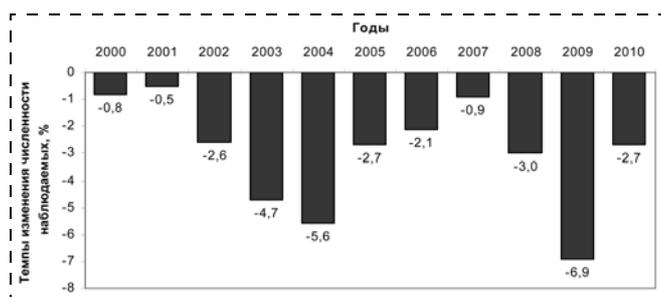


Рис. 4. Темпы изменения численности наблюдаемых

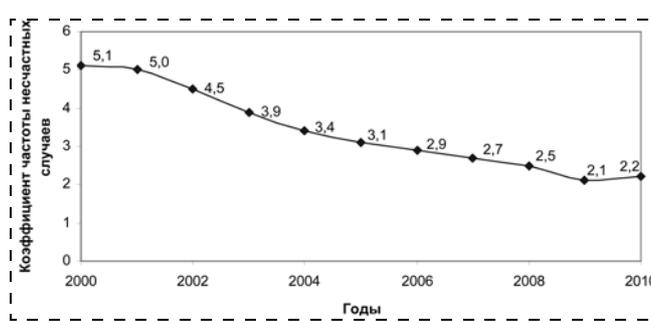


Рис. 5. Динамика коэффициента частоты несчастных случаев

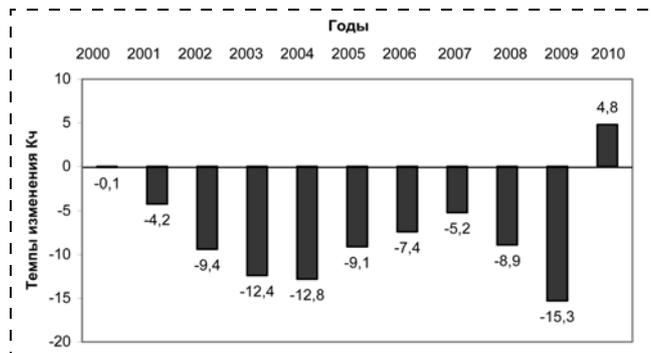


Рис. 6. Темпы изменения коэффициента частоты несчастных случаев $K_{\text{ч}}$



Таблица 5

Вклад различных факторов в изменение численности пострадавших N

Показатель	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Изменение N , %	22	20	27	32	20	23	15	23	34	-70
Изменение $K_{\text{ч}}$, %	78	80	73	68	80	77	85	77	66	170

Сравнение между собой рис. 1—2, 3—4 и 5—6 показывает, что закономерности изменения всех трех показателей (численности пострадавших, численности наблюдаемых и коэффициента частоты несчастных случаев) одни и те же. То есть фактором, определяющим тенденции динамики численности пострадавших, может являться как численность наблюдаемых N , так и коэффициент частоты несчастных случаев $K_{\text{ч}}$. Оценку их вклада можно провести, используя следующее приближение:

$$\Delta T = \Delta N \times K_{\text{ч}} + N \times \Delta K_{\text{ч}}, \quad (3)$$

где ΔT — изменение численности пострадавших в результате несчастных случаев на производстве; ΔN — изменение численности наблюдаемых; $\Delta K_{\text{ч}}$ — изменение коэффициента частоты несчастных случаев.

Результаты расчета по формуле (3) представлены в табл. 5.

Как видно из таблицы, в период наблюдения с 2001 по 2009 г. снижение численности пострадавших в результате несчастных случаев на производстве от 15 до 34 % случаев можно отнести за счет снижения численности наблюдаемых. В 2010 г., несмотря на продолжающееся снижение численности наблюдаемых, произошло увеличение численности пострадавших, что связано с увеличением коэффициента частоты несчастных случаев. Но увеличение показателей травматизма по сравнению с 2009 г. нельзя считать возникновением новой тенденции. Оно имеет временный локальный характер, обусловленный спецификой кризисного периода, так как резкое снижение показателей в 2009 г. было связано со снижением уровня производства, и в 2010 г. вслед за повышением экономической активности произошло возвращение данных показателей практически на прежний уровень с учетом ежегодных снижений.

Изменение относительного показателя производственного травматизма — коэффициента частоты несчастных случаев $\Delta K_{\text{ч}}$ связано как с изменениями $\Delta K_{\text{ч}i}$ в отдельных видах экономической деятельности, так и с изменениями структуры занятости:

$$\Delta K_{\text{ч}} \approx \sum \eta_i \times \Delta K_{\text{ч}i} + \sum \Delta \eta_i \times K_{\text{ч}i}, \quad (4)$$

где η_i — доля занятых в i -м виде экономической деятельности.

Структурные изменения в экономике, происшедшие в 2006—2009 гг., способствовали снижению

коэффициента частоты несчастных случаев, но их вклад в изменение не превышал 17 % (табл. 6). В 2010 г. перераспределение работающих по видам экономической деятельности должно было бы привести к снижению уровня травматизма относительно 2009 г., но увеличение коэффициента частоты несчастных случаев в отдельных видах экономической деятельности привело к общему увеличению $K_{\text{ч}}$ (отсюда оценка вклада структурных изменений имеет отрицательный знак — см. табл. 6).

Вклад структурных изменений 2006—2009 гг. в снижение общей численности травмированных не превышал 13 %.

Проведенные ранее расчеты [2] давали более высокие уровни влияния структурных изменений в экономике в период 2000—2005 гг. Так в 2000—2001 гг. вклад в снижение среднероссийского $K_{\text{ч}}$ процесса перераспределения наблюдаемых по видам экономической деятельности доходил до 75 % (в основном за счет снижения доли работающих в сельском хозяйстве и строительстве). Более того, изменение коэффициента частоты несчастных случаев в отдельных видах экономической деятельности зависит от внутренней структуры вида экономической деятельности. Например, высокие темпы снижения $K_{\text{ч}}$, наблюдаемые в сельском хозяйстве в начале 2000-х годов, происходили в результате быстрого снижения доли занятых в животноводстве.

Таким образом, высокие темпы снижения численности пострадавших на производстве, наблюдаемые в начале 2000-х годов, можно отнести на счет изменений численности наблюдаемых и ее распределения по видам экономической деятельности. Как видно из проведенных расчетов, влияние фактора перераспределения наблюдаемых по видам экономической деятельности к середине 2000-х годов снизилось до 12—13 %. Это обусловлено тем, что произошла стабилизация экономической ситуации в стране и структурное перераспределение трудовых ресурсов пошло более низкими темпами.

Таблица 6

Вклад изменения структуры занятых в экономике в изменение коэффициента частоты несчастных случаев

Показатель	2006	2007	2008	2009	2010
Вклад изменения структуры занятых, %	17	15	8	5	-12



В 2008—2009 гг. к этим факторам добавился экономический кризис и появление связанной с ним так называемой скрытой безработицы. Оценить этот фактор можно косвенно по снижению индекса производства. Так, в январе 2009 г. индекс производства по отношению к 2008 г. в промышленном производстве упал до 84 %, при этом безработица увеличилась всего на 4 % [3], что свидетельствует о высоком уровне скрытой безработицы, когда работающие отправляются в неоплачиваемые отпуска или загружены неполный рабочий день. И, соответственно, при практически остающейся постоянной занятости произошло сокращение рабочего времени, что автоматически привело к снижению уровня травматизма. Причем "скрытая безработица" наиболее существенно отразилась на видах экономической деятельности, связанных с промышленным производством, имеющим более высокий уровень травматизма.

Таким образом, проведенный анализ показал, что при оценке эффективности тех или иных ре-

шений, направленных на снижение травматизма, необходимо учитывать влияние на этот процесс факторов, не связанных непосредственно с охраной труда, значимость которых может быть весьма существенна. В некоторых случаях и при определенных условиях их влияние колеблется от 20 до 75 %.

Список литературы

1. **Пашин Н. П.** Улучшение условий и охраны труда работающих — важнейший резерв повышения производительности в среднесрочной и долгосрочной перспективе // Роль руководителя и специалиста в улучшение условий и охраны труда. — М.: ФГУ "ВНИИ охраны и экономики труда", 2008.
2. **Паньков В. В., Михина Т. В.** Производственный травматизм в Российской Федерации — анализ тенденций // Приоритетные направления снижения производственного травматизма и профзаболеваемости в Российской Федерации. — М.: ФГУ "ВНИИ охраны и экономики труда", 2008. — С. 21—26.
3. **Основные показатели** социально-экономического положения России в январе 2009 года. — М.: Федеральная служба государственной статистики, 2009. — 22 с.

УДК 331.4

Ю. Г. Шестаков, канд. техн. наук, доц., **Е. И. Гаврикова**, асп., **К. С. Лактионов**, канд. биол. наук, доц., Орловский государственный аграрный университет
E-mail: LakKS65@yandex.ru

Разработка способа извлечения микроорганизмов из материала специальной одежды и определения их численности

В настоящей статье предложен экспресс-метод контроля микробного загрязнения спецодежды. Извлечение микроорганизмов из материала спецодежды производится путем конденсации их с помощью модуля Пельтье. Численность микроорганизмов оценивается по изменению величины удельной электропроводности культуральной жидкости после термостатирования в течение 2 ч.

Ключевые слова: микроорганизмы, специальная одежда, мониторинг, модуль Пельтье, культуральная жидкость, удельная электропроводность

Shestakov Yu. Gr., Gavrikova E. I., Laktionov K. S. Development of the method of extraction of microorganisms from the protective clothing material and determination of their number

In this paper a rapid method to control microbial contamination of protective clothing. Extraction of microorganisms from a material of protective clothing made by condensing them with a Peltier module. The number of microorganisms was determined by change of electrical conductivity culture fluid after incubation for 2 hours.

Keywords: microorganisms, protective clothing, monitoring, module Peltier, culture fluid, electrical conductivity

При контроле условий труда оценка микробной опасности производится только в том случае, если возможен контакт работника с возбудителями особо опасных инфекций — в ветеринарных бактериологических лабораториях и на фабриках по производству вакцин и других биопрепаратов.

Однако условия труда практически всех работников животноводства, птицеводства и мясной

промышленности отличаются повышенной микробной обсемененностью воздуха рабочей зоны, рабочих поверхностей, перерабатываемых материалов и спецодежды. При этом в составе микроорганизмов присутствуют условно патогенные виды бактерий, доля которых зачастую превышает 50 %.

Поэтому мониторинг микробной обсемененности специальной одежды является необходимым составным элементом в исследовании условий труда. В связи с этим предлагается новая методика извлечения микроорганизмов из материала спецодежды и прибор, позволяющие значительно упростить эту процедуру и сократить ее время.

В качестве прототипа принят известный способ определения численности микробов [1], заключающийся в том, что с поверхностей оборудования, спецодежды, обрабатываемых материалов микроорганизмы смывают или счищают стерильным буферным раствором или физиологическим раствором с помощью ватных тампонов. Взятые пробы очень редко содержат такое количество микроорганизмов, которое можно учесть, не прибегая к концентрированию или, напротив, разбавлению образца. Концентрированные образцы должны быть разбавлены до нужной плотности микроорганизмов с последующим высевом на питательные среды для подсчета живых клеток. Разведение проб осуществляют обычно в 10-кратных последовательностях, с тем, чтобы на поверхность среды в чашке Петри попало 50...200 клеток, образующих колонии. Разбавленные образцы должны быть сконцентрированы перед посевом. Для этой цели применяют центрифугирование или фильтрование через мембранные фильтры с заданным размером пор. Посевы инкубируются в термостате не менее 24 ч, чтобы размножившиеся микробы образовали различимые невооруженным глазом колонии. При этом исходят из того, что каждый микроб образует отдельную колонию.

Недостатками данного способа являются трудоемкость, длительность анализа, необходимость присутствия специалиста-микробиолога, а также невозможность извлечения микробов из толщи материала, что не позволяет определить полную микробную загрязненность материалов спецодежды.

Задачей рассматриваемой разработки является более полное извлечение микробов из материала спецодежды, сокращение сроков инкубации, снижение трудоемкости определения численности микробов без необходимости их визуального подсчета.

Поставленная задача решается благодаря тому, что в качестве пробы используют стерильную полоску фильтровальной бумаги, которую помещают на охлаждаемую поверхность модуля Пельтье, а сверху прижимают материал спецодежды изна-

ночной стороной, и после извлечения микробов из слоя материала и впитывания их полоской фильтровальной бумаги последнюю инкубируют и определяют численность микробов по изменению электропроводности культуральной жидкости. При этом для извлечения микробов из материалов спецодежды, определения их численности используют устройство, содержащее источник питания, термостат, генератор, регистрирующий прибор, модуль Пельтье с регулируемым источником питания и электротермометр.

Модуль Пельтье — это термоэлектрический преобразователь, принцип действия которого базируется на возникновении разности температур при протекании электрического тока. При этом одна сторона элемента охлаждается, а другая нагревается.

Сущность предлагаемого решения представлена на рис. 1—2.

Устройство для реализации разработанного способа состоит из модуля Пельтье 1, на охлаждаемой поверхности которого находится полоска фильтро-

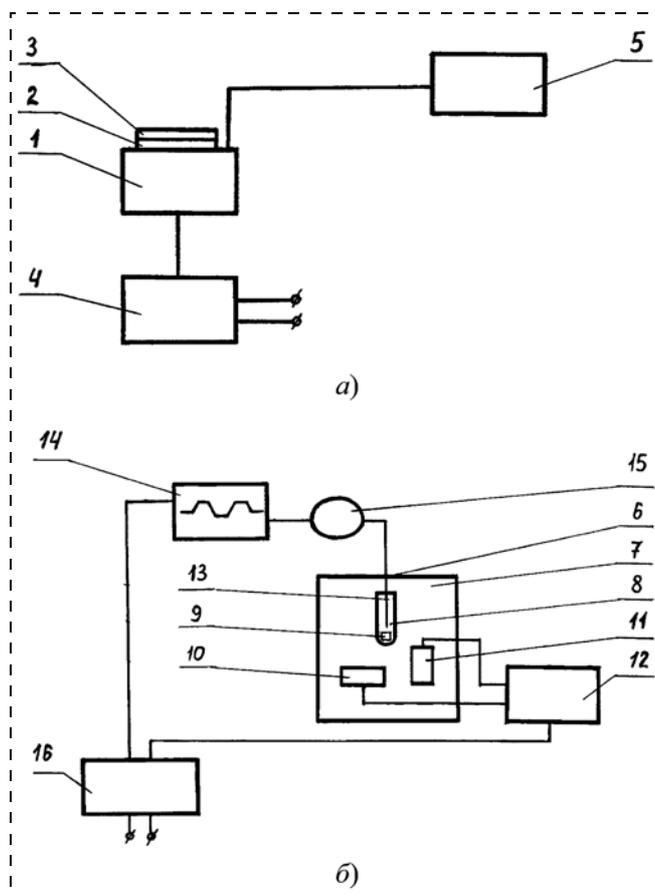


Рис. 1. Схема устройства:

а — для извлечения микробов из материала спецодежды; б — для определения численности микробов в пробе

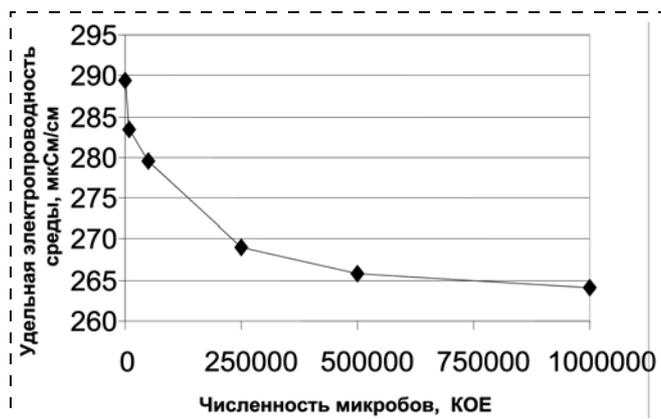


Рис. 2. График зависимости удельной электропроводности культуральной жидкости от численности микробов в пробе

вальной бумаги 2, к которой прижат материал спецодежды 3. Для сохранения жизнеспособности микробов модуль Пельтье 1 снабжен регулируемым блоком питания 4 и электротермометром 5.

Определение численности микробов в пробе осуществляется с помощью устройства, которое состоит из термостата 6 с камерой 7, в которой находится пробирка 8 с культуральной жидкостью и единичной пробой 9. Термостат 6 состоит из камеры 7, нагревательного элемента 10, термодатчика 11 и устройства регулировки температуры 12. Через электроды 13, подключенные к генератору 14, передается сигнал на регистрирующий прибор 15. Работой устройства управляет общий блок питания 16.

Способ извлечения микробов из материалов спецодежды, определения их численности осуществляется следующим образом. Спецодежда, находящаяся в носке, загрязняется микробами преимущественно в области рукавов и полочек. Из данных областей производят извлечение микробов с сохранением целостности изделия. Для этого на охлаждаемую поверхность модуля Пельтье 1 помещают стерильную полоску фильтровальной бумаги 2 площадью 600 мм², а сверху прижимают материал спецодежды 3 изнаночной стороной в самых загрязненных областях изделия. Степень охлаждения модуля Пельтье 1 управляется регулируемым блоком питания 4, температуру охлаждаемой стороны модуля Пельтье показывает электротермометр 5.

Низкие температуры, возникающие в процессе работы модуля Пельтье 1, способствуют конденсации влаги из воздуха. Возникновение конденсации зависит от температуры окружающей среды, температуры охлаждаемого объекта и влажности воздуха. Например, если температура окружающей среды 25 °С, а влажность 65 %, то конденсация влаги на охлаждаемой стороне модуля Пельтье 1

происходит при температуре его поверхности ниже 18 °С.

После включения устройства извлечения микробов из материала спецодежды при достижении температуры конденсации на охлаждаемой поверхности модуля Пельтье 1 появляется влага, образующаяся из паров, находящихся в исследуемом материале спецодежды 3, и содержащая извлеченные из слоя материала спецодежды микробы, которые впитываются полоской фильтровальной бумаги 2, и эта полоска рассматривается как единичная проба 9.

Единичную пробу 9 помещают в пробирку 8 с культуральной жидкостью, представляющей собой стерильный 1 %-ный раствор глюкозы, приготовленный на физиологическом растворе. Пробирку 8 устанавливают в камеру 7 термостата 6. Термостат 6 управляется устройством регулировки температуры 12. Единичную пробу 9 инкубируют в течение 2 ч. Микроорганизмы, растущие в культуральной жидкости, изменяют ее удельную электропроводность за счет накопления продуктов обмена веществ с повышенной электропроводностью.

Для определения удельной электропроводности культуральной жидкости через электроды 13, помещенные в пробирку 8, от генератора 14 пропускают ток. Изменение удельной электропроводности фиксируют регистрирующим прибором 15.

Для определения численности микробов (см. рис. 2) на оси ординат откладывают величину удельной электропроводности культуральной жидкости, из данной точки проводят прямую линию до пересечения с графиком, полученным эмпирическим путем, а затем опускают вертикаль на ось абсцисс. Точка пересечения вертикали с осью абсцисс будет соответствовать искомой величине численности микробов.

Если количество микробов, накопленных в материале спецодежды за период носки, превышает 250 тыс., то спецодежда нуждается в стирке. Если количество микробов за период носки продолжительностью 8 ч достигает 500 тыс. и выше, обязательна стерилизация спецодежды в конце каждой смены.

Для сравнения способов извлечения микробов из материала была получена чистая культура *E. coli*, которая методом последовательных разведений в стерильном физиологическом растворе с контролем по стандарту мутности микробных взвесей и контрольных высевов была разведена до следующих величин содержания микробов в 1 мл раствора (тыс. КОЕ): 10; 50; 250; 500 и 1000. Раствор распрыскивали с помощью дозатора аэрозолей на поверхность материала спецодежды на площади 600 мм² (площадь, соответствующая рабочей поверхности

Численность микробов в материале спецодежды

Способы извлечения микробов	Численность микробов, тыс. КОЕ				
	В аэрозоле				
	10	50	250	500	1000
	В материале				
Известный	6,4 ± 1,25	32,7 ± 3,48	156,4 ± 15,97	320,2 ± 52,61	620,5 ± 73,94
Предлагаемый	8,5 ± 0,96	43,5 ± 2,54	218,8 ± 10,18	473,5 ± 24,35	910,0 ± 50,23

Таблица 2

Продолжительность определения численности микробов

Способы определения численности микробов	Производимые операции			Суммарное время анализа
	Получение пробы, посев	Инкубация	Оценка численности микробов	
Известный	15...45 мин	24 ч	10...30 мин	≈25 ч
Предлагаемый	8...10 мин	2 ч	5 мин	2 ч 15 мин

элемента Пельтье). Затем проводили извлечение микробов известным способом смывов с соответствующей площади и предлагаемым способом. Результаты представлены в табл. 1.

Результаты свидетельствуют о том, что количество микробов, выделенных из материала известным способом, составляет в среднем 63,6 % от количества эксплицированных микробов. Величина данного показателя, полученная предлагаемым способом, составляет 89,0 %. Сравнение известного и предлагаемого способов определения численности микробов представлено в табл. 2.

Результат показывает, что при использовании известного способа продолжительность анализа

составляет около 25 ч, а при использовании предлагаемого способа — 2 ч 15 мин.

Предлагаемый способ извлечения и определения численности микробов в материалах спецодежды позволяет:

- извлекать максимальное количество микробов из образца материала с сохранением их жизнеспособности;

- осуществлять регистрацию конечного результата быстрым, универсальным, простым и чувствительным методом.

Использование разработанного способа извлечения и определения численности микробов в материалах спецодежды позволит иметь в арсенале агропромышленного комплекса быстрый, экономичный способ оценки накопления в материалах спецодежды микробов в процессе ее эксплуатации с сохранением целостности изделия для установления необходимой очередности стирки и дезинфекции, а также срока носки.

Список литературы

1. **Стейниер Р.** Мир микробов / Р. Стейниер, Э. Эдельберг, Дж. Ингрэм. — В трех томах, том 2. — М.: Мир, 1979. — 332 с.



Новые книги

Издательство "Юрайт" (Москва) выпустило в 2011 г. 3-е издание учебника автора проф., д-ра техн. наук **С. В. Белова "Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность)"**, допущенного Министерством образования и науки РФ для бакалавров всех направлений подготовки в высших учебных заведениях России.

Первое издание учебника опубликовано в 2010 г.

Адрес издательства: 140004, Москва, 1-й Панковский проезд, д. 1.

Телефон: (495) 744-00-12



УДК 364.69:37.064.2

И. Б. Ишмухаметов, канд. биолог. наук, доц., Стерлитамакская государственная педагогическая академия
E-mail: medkaf@rambler.ru

Роль дополнительной диспансеризации в оптимизации факторов риска для учительского труда

Рассмотрена роль дополнительной диспансеризации, проведенной по приказу Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 17 января 2007 г., которая выявила целый ряд профессионально обусловленных заболеваний.

Ключевые слова: учитель, факторы риска, заболеваемость, диспансеризация, самоанализ

Ishmukhametov I. B. *The role of additional dispensary measures in optimum risk factors for teachers work.*

Additional dispensary measures taken by the order of Russian Ministry of Public Health and Social Development (dated 17.01.2007), revealed a number of professionally dependent diseases.

Keywords: teachers, risk factors, sick rate, dispensary measures, self-examination

Одной из важных задач образовательных учреждений в современных условиях является обеспечение безопасности учащихся и учителей в процессе педагогической деятельности.

Несомненно, главная роль в формировании школьника как личности и сохранении его здоровья принадлежит учителю. В то же время сам учитель нуждается в сохранении и укреплении здоровья, так как по данным многих гигиенистов состояние здоровья педагогов оценивается очень низко [1–3]. Состояние здоровья учителей зависит от множества факторов трудового процесса, образа жизни и социально-экономических ситуаций в обществе.

В процессе трудовой деятельности учитель подвергается воздействию комплекса неблагоприятных производственных факторов, являющихся факторами риска для его жизни и здоровья. Основными из вредных и опасных факторов являются неудовлетворительные условия труда, повышенный уровень шума, значительная запыленность воздуха, статическая физическая нагрузка, ненормированный рабочий день, чрезмерные нервно-психологические нагрузки и пр.

Неблагоприятные условия труда являются факторами риска развития общих и профессиональных заболеваний, которые приводят к временной, а в ряде

случаев и стойкой потере трудоспособности учителей. В связи с этим весьма своевременным мероприятием по сохранению и укреплению здоровья учителей явилась дополнительная диспансеризация работников бюджетной сферы, проведенная по приказу Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации в 2007 г. Главными задачами дополнительной диспансеризации являются выявление факторов риска для здоровья учителей, а также определение заболеваний в начальной стадии.

Дополнительную диспансеризацию в Республике Башкортостан прошли 74 364 работника сферы образования. Из них 53 542 человека (72,1 %) являются учителями. В структуре ранее известных хронических заболеваний ведущее место занимают болезни системы кровообращения (18,6 %); на втором месте — болезни глаза и его придаточного аппарата (17,2 %), в том числе миопия (57,5 %). Третью строчку в ранговой таблице занимают болезни мочеполовой системы (13,8 %). Остальные хронические болезни расположились в следующей последовательности: болезни эндокринной системы, расстройства питания, нарушения обмена веществ (11,0 %); болезни нервной системы (10,9 %); болезни костно-мышечной системы и соединительной ткани (8,6 %); болезни органов пищеварения (7,5 %); болезни крови и кроветворных органов (5,7 %); болезни органов дыхания (2,8 %); злокачественные новообразования (1,6 %) и прочие болезни (2,3 %).

Среди впервые выявленных заболеваний первую строчку в ранговой таблице занимают также болезни системы кровообращения (17,5 %). На втором и третьем местах находятся болезни мочеполовой системы (15,4 %) и болезни эндокринной системы, расстройства питания и нарушения обмена веществ (13,4 %) соответственно. Последующие места занимают болезни глаза и его придаточного аппарата (12,0 %); болезни нервной системы (11,9 %); болезни костно-мышечной системы (7,5 %); болезни крови и кроветворных органов (7,2 %); болезни органов пищеварения (6,2 %); болезни органов дыхания (2,7 %); злокачественные новообразования (2,5 %) и прочие болезни (3,3 %).

Итогом диспансеризации является определение группы состояния здоровья граждан. По результатам дополнительной диспансеризации в Республике Башкортостан установлено, что практически здоровые граждане (I группа) составили 21,0 %, работники с нарушением адаптационных механизмов и повышенным риском развития заболеваний (II группа) — 19,6 %; работники, нуждающиеся в лечении в амбулаторно-поликлинических условиях (III группа), — 52,2 %; граждане, нуждающиеся в дополнительном обследовании и лечении в условиях стационара (IV группа), — 7,2 %.

Следовательно, состояние здоровья учителей Республики Башкортостан в возрасте 35...55 лет по данным дополнительной диспансеризации не может быть признано удовлетворительным, так как больше половины из них относятся к III и IV группам.

Для более полного представления о состоянии здоровья учителей был проведен анализ самочувствия и уровня заболеваемости с помощью опросника. Анкета включала вопросы, раскрывающие наличие у опрашиваемых симптомов нарушения функций органов, являющихся индикаторами неблагоприятного воздействия стрессовых ситуаций на организм.

В результате опроса учителей была получена информация о субъективных ощущениях степени распространения дисфункции органов и систем. Данные самоанализа практически подтвердили результаты дополнительной диспансеризации. Учителя больше всего жаловались на нарушение функции органов кровообращения, дыхания, выделения, пищеварения и нервной системы. Педагоги возрастной группы до 25 лет отметили частые заболевания органов дыхания и пищеварительной системы. У учителей средних возрастных групп (26...35 и 36...45 лет) более выраженными являются дисфункции эндокринной и нервной систем. В возрастной группе 46...55 лет учителя больше жаловались на боли в области сердца и перебои в его работе, повышенное или пониженное кровяное давление. В этом возрасте их начинают беспокоить боли в суставах, отеки на ногах, обостряются головные боли и головокружения.

Результаты анкетирования показали, что на "отлично" оценивают свое здоровье лишь небольшая часть опрошенных учителей общеобразовательных учреждений. Из таблицы видно, что число учителей, чувствующих себя на отлично, с возрастом увеличивается, затем наблюдается некоторое снижение таковых по мере приближения к пенсионному возрасту. Все же следует отметить тот факт, что меньше всех как отличное оценили свое здоровье начинающие учителя (до 25 лет).

Сравнительные показатели субъективной оценки педагогами состояния здоровья в зависимости от возраста и места жительства, %

Самооценка состояния здоровья	Контингент учителей			
	до 25 лет	26...35 лет	36...45 лет	46...55 лет
Отличное	4,61 ± 0,54	6,13 ± 0,42	6,32 ± 0,5	5,33 ± 0,55
Хорошее	72,62 ± 3,73	74,94 ± 3,84	76,23 ± 3,9	69,34 ± 4,02
Плохое	15,64 ± 1,22	14,22 ± 1,01	12,94 ± 0,8	19,62 ± 1,10*
Очень плохое	6,22 ± 0,81	4,81 ± 0,66	4,61 ± 0,9	6,71 ± 0,74

*Разность между возрастными группами достоверна ($p < 0,05$)

Больше половины опрошенных учителей указали, что у них здоровье на хорошем уровне. С возрастом и увеличением стажа работы таковых становится больше, что можно объяснить благоприятным влиянием на самочувствие учителей творческой обстановки педагогической деятельности и рост благополучия. Некоторое снижение количества учителей возрастной группы 46...55 лет, оценивших свое здоровье как хорошее, на наш взгляд, связано с накоплением хронической усталости с возрастом, психоэмоциональным перенапряжением и появлением профессиональных болезней.

Часть опрошенных учителей (15,62...18,54 %) оценили свое состояние здоровья как плохое.

Среди опрошенных учителей, чувствующих себя очень плохо, больше всего оказалось в возрастной группе 46...55 лет.

Наибольшее количество заболеваемости по данным самоанализа приходится на педагогов до 25 лет и учителей предпенсионного возраста (46...55 лет). Если среди начинающих учителей высокий уровень заболеваемости объясняется низким уровнем адаптационных возможностей организма, на учителей 26—35 лет, вероятно, действует фактор психосоциального "сгорания" и переутомления. В исследованиях ряда авторов встречается высказывание, что для педагогов со стажем работы в школе 25...30 лет характерны "педагогические кризисы", "истощение", "сгорание" и пр. [4—7].

Очевидно, высокий уровень заболеваемости учителей свидетельствует о низкой эффективности санитарно-гигиенических и медико-профилактических мероприятий и ставит перед руководством задачу создания безопасных условий труда и жизни, совершенствования медицинского обслуживания в общеобразовательных школах.

Однако на современном этапе здоровье учителей определяется не только качеством жизни и профессиональными экологическими воздействиями, но и отношением людей к своему здоровью. В связи с этим важной задачей является формирование установки на здоровый образ жизни



среди работников сферы образования. Особенно необходимо формирование знаний и навыков ведения здорового образа жизни у начинающих педагогов, так как заболеваемость у них находится на довольно высоком уровне.

Исследования показали, что большинство (82,3 %) опрошенных учителей считают свой образ жизни здоровым. Однако было выявлено, что всего пятая часть учителей находит время для занятий физическими упражнениями. Только третья часть опрошенных учителей (32,5 %) придерживается оптимального режима отдыха и сна; 26,4 % из них указали, что спят не более 5...6 часов в сутки. В результате некоторые учителя страдают бессонницей (4,2 %) и имеют неглубокий ночной сон (8,1 %).

Подготовка к урокам, заполнение учебной документации отнимает у них чуть ли не половину свободного времени. Поэтому учителя не находят времени для посещения культурных, спортивных учреждений. Мало кто из них увлекается рыболовством, охотой, сбором грибов и пр. Совершают туристические походы, занимаются спортом всего два человека из ста опрошенных.

Таким образом, приоритетным направлением руководства образовательных учреждений должны стать разработка и научное обоснование системы мероприятий по снижению профессиональных рисков для здоровья и обеспечению безопасных условий труда учителей.

Список литературы

1. **Онищенко Г. Г.** Санитарно-эпидемиологическое благополучие детей и подростков: состояние и пути решения проблем / Гигиена и санитария, № 4, 2007. — С. 53—59.
2. **Измеров Н. Ф.** Национальная система медицины труда как основа сохранения здоровья работающего населения России / Здоровоохранение Российской Федерации, № 1, 2008. — С. 7—8.
3. **Ахмерова С. Г.** Современные подходы к формированию здоровья учащихся методами и средствами гигиенического воспитания: Автореф. дисс. д-ра мед. наук. — Уфа, 2000. — 35 с.
4. **Степанов Е. Г.** Роль психосоциальных факторов в формировании здоровья работников производственной и непроизводственной сферы: Автореф. дисс. канд. мед. наук. — М., 2006. — 25 с.
5. **Симонова Н. И.** Концептуальная модель управления здоровьем, охраной труда и окружающей среды на рабочем месте на примере нефтедобывающего предприятия // Социальная ответственность работодателя за здоровье работника / Тезисы Международной конференции. — М., 2003. — 89 с.
6. **Бакиров Ф. Б., Симонова Н. И.** Профессиональные и экологические риски в промышленных городах Республики Башкортостан // Медицина труда в третьем тысячелетии / Тезисы докладов Международной конференции. Июнь 1998 г. — М. — 1998. — 70 с.
7. **Бакиров А. Б., Симонова Н. И.** Региональные аспекты концептуальной модели управления здоровьем, охраной труда и окружающей среды на предприятиях нефтедобычи, нефтехимии и машиностроения в условиях Республики Башкортостан // Первая Международная конференция сети ВОЗ стран Восточной Европы по проблемам комплексного управления здоровьем работающих. — Уфа, 2003. — С. 70—78.

**ФОРУМ
БЕЗОПАСНОСТИ И СВЯЗИ**

Казань

**1-3
февраля
2012**

**17-я специализированная выставка
БЕЗОПАСНОСТЬ**

**6-я специализированная выставка
ОХРАНА И БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА**

**15-я специализированная выставка
СВЯЗЬ**

Выставочный центр "Казанская ярмарка"
Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8
Тел./факс: (843) 570-51-16, 570-51-11-круглосуточно
E-mail: pdv@expokazan.ru
[http:// www.exposvyaz.ru](http://www.exposvyaz.ru), www.exposecurity.ru, www.expokazan.ru

КАЗАНСКАЯ
ЯРМАРКА

УДК 656

А. Е. Кравченко, канд. техн. наук, доц., Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар
E-mail: pupsan2003@mail.ru

Оценка безопасности перевозочных процессов пассажирским автомобильным транспортом в курортных зонах

Раскрыты мероприятия по повышению безопасности перевозки пассажиров автомобильным транспортом в курортных зонах. Предложена модель по оценке качества транспортного обслуживания при обеспечении безопасности перевозок пассажиров на основе кластерного анализа в системе взаимодействия водитель—автомобиль—дорога—среда (В—А—Д—С). Отражены мероприятия по обеспечению нормативного уровня экологической безопасности на пассажирском автомобильном транспорте в курортных зонах.

Ключевые слова: пассажирский автомобильный транспорт, оценка, дорожное движение, экологическая безопасность, модель, система, качество

Kravchenko A. E. Estimation to safety of the transport business on passenger car transport in resort areas

In article reveal open actions on increasing of safety of transportation passenger by car transport in resort areas. Offered model on estimation quality transport business, when provision of safety of transportation passenger on base of the cluster analysis in system of the interaction "driver—car—road—surrounding ambience". Reflected actions on provision normative level to ecological safety on passenger car transport in resort areas.

Keywords: passenger car transport, estimation, road motion, ecological safety, model, system, quality

В настоящее время приоритетными для всего автомобильно-дорожного комплекса Российской Федерации, особенно в районе курортно-оздоровительной зоны Черноморского побережья Краснодарского края в преддверье предстоящей Олимпиады, назначенной на 2014 год в г. Сочи, становятся задачи: повышения провозных возможностей всех видов пассажирского автомобильного транспорта; повышения качества транспортного обслуживания населения и отдыхающих; обеспечения безопасности перевозочных процессов и дорожного движения (ДД), а также экологической безопасности на всей улично-

дорожной сети (УДС), где работает подвижной состав общественного транспорта пассажирских автотранспортных предприятий и предпринимателей. Только в 2010 году количество посетивших курорты Краснодарского края составило около 15 млн человек, с перспективой 3—7 % ежегодного увеличения. Причем основная доля отдыхающих приходится на курортные города: Анапу, Сочи, Геленджик, Туапсе, Новороссийск, что соответствует ориентировочно 70...80 % от общего количества курортников, из которых две три являются неорганизованными (без путевок).

Увеличение числа частных перевозчиков (предпринимателей) привело к увеличению дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и к ухудшению экологической обстановки на основных транспортных магистралях во многих городах России, в том числе и в курортных городах Черноморской зоны. Улучшение организации пассажирских перевозок и обеспечение БДД и экологической безопасности является социальной проблемой, в решении которой должны быть задействованы как федеральные, так и местные органы власти. В настоящее время в связи со значительным ростом парка автомобилей наблюдается рост аварийности во всех городах и на дорогах России, которая является одной из серьезнейших социально-экономических проблем. За последние 5 лет в стране произошло более миллиона ДТП, в которых погибли и получили ранения около 1 млн человек, что говорит о необходимости специальных исследований и выработки рекомендаций, обеспечивающих более высокое качество транспортного обслуживания населения с акцентом на безопасность перевозок пассажиров.

Краснодарский край является полицентрической курортной зоной, в которую входит 44 района и их административные центры, а также основные городские муниципальные образования: Краснодар, Новороссийск, Геленджик, Горячий Ключ, Сочи, Анапа, Туапсе, Ейск и др., расположенные вдоль Черноморского и Азовского побережья на 740 км. Общие границы края — 1540 км, площадь — 75,5 тыс. км², общая численность населения —



5161 тыс. человек, из которых 52,5 % — городское население, 47,5 % — сельское. Плотность населения составляет 67,9 чел/км². Краснодарский край делится рекой Кубань на две части: северную равнинную (2/3) территорию, расположенную на Кубано-Приазовской низменности, и южную — предгорную и горную (1/3) территорию, расположенную в западной высокогорной части Большого Кавказа. По краю проходят: федеральная автомагистраль E115—M4 "Москва — Новороссийск"; магистрали E50—M29 "Кавказ", E97—M25 "Новороссийск — Керченский пролив", E97—M27 "Джубга — граница с Абхазией" и трассы A146, A148, P253.

Вышеперечисленные особенности курортного региона Краснодарского края должны учитываться администрациями муниципальных образований, являющимися заказчиками пассажирских транспортных услуг, при распределении объемов работ между перевозчиками различных форм собственности на муниципальной и межмуниципальной маршрутной сети, а также службами автотранспортных предприятий при обеспечении безопасности перевозочных процессов.

Повышенная опасность движения на дорогах во многих случаях связана с несоответствием параметров отдельных их элементов тем требованиям, которые установлены действующими нормативными документами. Выявление элементов автомобильных дорог, не соответствующих требованиям действующих нормативных документов, является одной из задач обследования маршрутов перевозок.

Контроль условий движения на маршрутах, учет их при организации перевозочного процесса и проведении профилактических мероприятий с водителями должны находиться в центре внимания эксплуатационной, производственно-технической служб автотранспортных предприятий (АТП) и службы безопасности движения [1].

Анализ существующих подходов к оценке потенциальной опасности условий движения, в том числе основанных на выявлении транспортных конфликтов, позволяет предложить следующий путь решения данной проблемы. На первом этапе на основе натурных наблюдений необходимо разработать классификацию конфликтных дорожно-транспортных ситуаций (ДТС) и провести оценку степени их опасности. Такую оценку следует проводить на основе сопоставления частоты зафиксированных на определенных участках дорог конфликтов со статистикой аварийности на этих участках. Кроме того, при ранжировании конфликтных ситуаций по степени опасности целесообразно дополнительно использовать экспертные оценки специалистов.

На втором этапе необходимо исследовать структуру и частоту (вероятность) возникновения выделенных конфликтных ситуаций в типичных условиях движения, характеризуемых ограниченным набором таких макропараметров, как интенсивность и состав движения, конфигурация перекрестков и наличие на них регулирования, количество полос и ширина проезжей части автомобильной дороги, интенсивность пешеходного движения и т. д. Следует установить соответствующие статистические зависимости, которые позволяют в дальнейшем прогнозировать вероятность возникновения критических ситуаций в различных условиях движения.

Завершающим этапом определения потенциальной опасности движения является разработка модели по оценке объективной опасности маршрута, которая рассчитывается с помощью мультипликативного итогового коэффициента аварийности, предложенного В. Ф. Бабковым [2].

Определение такого показателя позволяет выявлять наиболее опасные участки маршрутов, а также наиболее характерные для каждого участка маршрута конфликтные ДТС. Значения итогового мультипликативного коэффициента аварийности могут являться основой для классификации маршрутов перевозок по сложности. При этом имеется в виду сложность объективная, не зависящая от характеристики отдельного водителя.

Целесообразно рассмотреть и субъективную оценку сложности маршрута перевозок для данного водителя. Она определяется количеством совершаемых им ошибочных действий в условиях движения по маршруту и их структурой. Такая оценка должна найти практическое применение при подборе водителей для работы на маршрутах различной сложности, организации их стажировки и занятий по повышению профессионального мастерства водителей (с учетом имеющихся пробелов в их подготовке), организации инструктажей и т. д. При подобной оценке действий водителя ключевым является вопрос выявления его ошибочных действий.

Данные многочисленных исследований показывают, что ошибки водителей являются причиной 70...90 % всех ДТП. Оценка надежности работы водителя в конкретных условиях движения на маршруте на основе идентификации и учета совершаемых им ошибочных действий дает возможность рассматривать структуру ошибок с точки зрения наиболее эффективной организации профилактической работы в АТП, улучшения дорожных условий и организации движения. Для реализации подобного подхода к оценке надежности работы водителя необходимо решение следующего круга научных задач:

— разработка классификации ошибок, совершаемых водителем;

— ранжирование ошибок по их серьезности (по тяжести возможных последствий);

— разработка надежных методов идентификации ошибок;

— установление количественной связи между числом и структурой ошибок, допускаемых водителями, и их личностными характеристиками, с одной стороны, и итоговыми показателями, характеризующими их безопасность (число ДТП, тяжесть их последствий) и качество выполнения производственных задач, с другой стороны;

— установление количественной зависимости вероятности ошибки водителя от условий движения на маршруте.

Водитель может допускать ошибки при восприятии дорожно-транспортной ситуации, оценке ее развития, принятии решений по управлению транспортным средством (ТС) и их реализации. Однако в условиях реального движения по маршруту не представляется возможным выявить ошибки, допускаемые водителями при оценке ДТС и принятии решений по управлению ТС.

В связи с этим наиболее целесообразно применять подход, основанный на интегральной оценке безопасности действий водителя. При этом под ошибкой понимается любая совокупность действий по управлению ТС, приводящая к нежелательному развитию дорожно-транспортной ситуации или к нарушению Правил дорожного движения, Правил перевозки пассажиров и багажа.

Необходимо отметить, что конфликтная ситуация может и не являться следствием ошибок участников дорожного движения, а возникать вследствие недостатков в состоянии дорог, организации движения. Из сказанного следует, что ошибки не всегда ведут к дорожно-транспортному конфликту. Дорожно-транспортный конфликт, в свою очередь, не всегда переходит в критическую дорожно-транспортную ситуацию, а ДТС — в ДТП. Кроме того, конфликтная ситуация и ДТП для участвующего в них водителя могут являться следствием не его ошибок, а ошибок других участников движения.

В качестве показателя для оценки субъективной опасности маршрута для r -го водителя рекомендуется использовать показатель ζ_j , учитывающий опасность ошибки j -го водителя, ψ_{ir} , ψ_{iT} — соответственно количество ошибочных действий i -го типа, допущенных на маршруте r -м и "эталонным" T -м водителем (данные для "эталонного" водителя получаются по результатам проездов по маршруту нескольких опытных водителей — инструкторов); n — количество рассматриваемых ошибочных действий водителей. Показатель ζ_j зависит от объективной опасности маршрута, т. е. тесно связан со значе-

нием мультипликативного итогового коэффициента аварийности $U_{\text{итог}}$, как показано на рис. 1, на котором дана информационная модель оценки безопасности перевозочных процессов пассажирским автомобильным транспортом (ПАТ) в курортных зонах на основе кластерного анализа в системе взаимодействия В—А—Д—С.

Функционал безопасности перевозочных процессов в курортной зоне \mathcal{Z} , а также оценочный показатель вероятности потери качества перевозочного процесса вследствие ошибочных действий водителя при определенном уровне удобства движения (Z) на маршруте и качества транспортного обслуживания населения (КТОН) с вероятностью совершения ДТП — $P_{\text{КТОН}}$, также показаны на рис. 1.

При этом рассмотрен кластерный анализ модели "причина—признак ДТП" в системе В—А—Д—С. Интенсивность перехода λ_{lm} фазовых состояний представляет собой предел отношения вероятности перехода перевозочного процесса на маршруте (ax) за Δt из состояния R_l в состояние R_m к длине промежутка времени Δt . Практически процедура оценки профессионального мастерства водителя при его работе на маршруте заключается в бланковом учете допущенных им ошибок.

Следует подчеркнуть, что постоянный контроль за условиями движения на обслуживаемых перевозчиками маршрутах является важным направлением деятельности служб автотранспортных предприятий по повышению безопасности перевозок пассажиров.

Планомерная и целенаправленная работа по выявлению и устранению дорожных факторов, способствующих повышенной опасности движения, по использованию полной и объективной информации о маршрутах при разработке технологий перевозок, организации профилактической работы с водителями, по своевременному закрытию маршрутов или принятию мер по ограничению движения при неблагоприятных дорожных и погодных-климатических условиях, по правильному определению нормативов скорости — все это позволит, согласно экспертной оценке, снизить потери от дорожно-транспортной аварийности на 15...20%. Рассматривая современное состояние данной проблемы, необходимо отметить следующие задачи, на решении которых в ближайшее время следует сконцентрировать усилия научных и практических работников автотранспортных, дорожных и других организаций, связанных с вопросами обеспечения безопасности движения [1]:

— разработка аппаратных методов контроля дорожных факторов (в первую очередь — скользкости и ровности покрытий), производство соот-

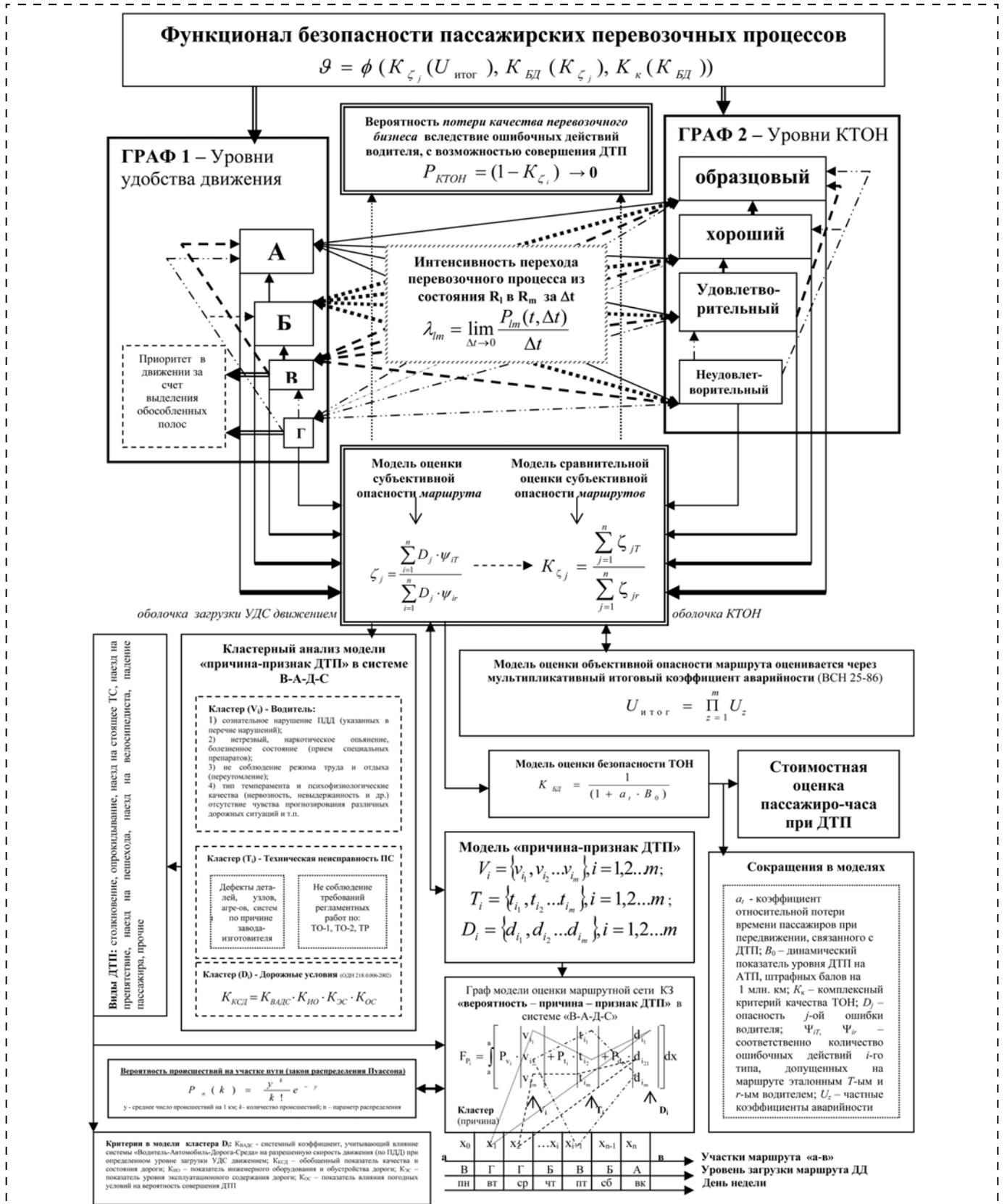


Рис. 1. Информационная модель оценки безопасности перевозочных процессов ПАТ в курортных зонах на основе кластерного анализа в системе взаимодействия В—А—Д—С

ветствующих приборов и внедрение их в практику работы дорожных организаций и в практику обслуживания маршрутов, проводимых автотранспортниками;

— разработка методов количественной оценки сложности маршрутов;

— исследование структуры и количественных оценок поведения различных групп водителей в реальных условиях дорожного движения;

— разработка методик подбора водителей для работы на маршрутах различной сложности и их внедрение в практику работы АТП;

— внедрение средств вычислительной техники для контроля за условиями движения на маршрутах (создание банков данных по маршрутам);

— усиление взаимодействия и координации деятельности в вопросах контроля за дорожными условиями, состоянием маршрутов перевозок с использованием интеллектуальных транспортных систем на основе спутникового навигационного обеспечения системы ГЛОНАСС/GPS.

Взаимодействие автотранспортного комплекса (АТК) курортной зоны с окружающей средой можно представить в формализованном виде в пределах обслуживаемых курортных объектов [3]:

$$S = f(V, W, R^V, R^W, R^{WV}), \quad (1)$$

где V — окружающая среда, включающая отдельные составляющие v_i : $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ или $v_i \in V$; W — АТК, включающий элементы w_i , которые имеют взаимные связи: $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ или $w_i \in W$; R^V — структура окружающей среды; R^W — структура АТК; R^{WV} — технические воздействия АТК на окружающую среду; R^{VW} — воздействие окружающей среды на АТК.

Так как элементы окружающей среды непрерывно изменяются во времени, то такая система будет нестационарной:

$$S = f\{V(t), W(t), R^V(t), R^W(t), R^{WV}(t), R^{VW}(t)\}. \quad (2)$$

На отрезке времени $(T-\theta)$ функция процесса изменения системы будет иметь вид:

$$K_{ij}(t) = 1/(T-\theta) \int_0^{T-\theta} R_i(t)R_j(t)(T-\theta)dt. \quad (3)$$

В связи с тем что в России объем выбросов токсичных веществ от автотранспортной деятельности в атмосферу составляет, по данным различных ученых, 14,5 млн т в год, в том числе доля автотранспорта составляет 80 % выбросов свинца, 59 % оксида углерода и 32 % оксидов азота, необходим комплекс мероприятий по их снижению на научной основе.

Теоретическими основами в обеспечении экологической безопасности (ЭБ) на пассажирском автомобильном транспорте (ПАТ) в курортных зонах могут быть следующие направления.

1. Обоснование и условия функционирования систем ЭБ на ПАТ с учетом потребляемых ресурсов и выбросов загрязняющих веществ (ВЗВ).

2. Выявление источников, видов и объектов экологического воздействия.

3. Постановка цели и задач по обеспечению ЭБ на ПАТ.

4. Обоснование закономерности обеспечения ЭБ на ПАТ.

5. Использование общенаучных и прикладных теорий и методов.

6. Разработка методологических принципов обеспечения ЭБ на ПАТ с учетом государственного и муниципального регулирования.

Анализ литературных источников по экологической проблеме показывает, например, что ВЗВ в городах от работы автобусов на линии могут достигать 80...90 % от общих выбросов автомобильного транспорта. Такой процент в основном зависит от структуры используемых автобусов и должен учитываться при разработке специальной комплексной экологической программы для каждой курортной зоны (КЗ). Автором установлено, что дальнейшее развитие экологического состояния предприятий КЗ зависит от выбора пути совершенствования системы качества транспортного обслуживания населения и отдыхающих курортных зон (рис. 2).

Система повышения качества транспортного обслуживания населения КЗ ПАТ с позиции программно-целевого подхода к обеспечению ЭБ включает три направления [3].

1. Удовлетворение потребностей всего населения, как местного, так и приезжающего на курорт, в пассажирском транспорте (ПТ) за счет реализации корпоративных целей:

— выполнения муниципального заказа на перевозки по видам сообщения;

— обеспечения эффективного, безопасного функционирования маршрутной сети и устойчивого сбалансированного поступательного развития транспорта как муниципального, так и предпринимательского;

— оптимизации выбора подвижного состава.

2. Удовлетворение потребностей, зависящих от внешних условий:

— развитие рынка пассажирских транспортных услуг;

— коммерциализация услуг;



Результат: Снижение вредных выбросов в атмосферу; снижение финансовой нагрузки на бюджет в области экологической защищенности КЗ; инвестиционная привлекательность КЗ; высокая культура предоставления транспортной услуги в области экологической безопасности для местного и приезжего населения в КЗ; экологическая привлекательность ПАТ; развитие отечественной промышленности, основанной на современных инновационных технологиях производства ПС.

I. Подвижной состав (ПС). Закупка нового ПС с улучшенными экологическими характеристиками (экобусы, имеющие экологический класс Евро-5), применение гибридных двигателей, а также двигателей с возможностью выбора режима движения в зависимости от условий эксплуатации; использование круиз-контроля, позволяющего поддерживать заданную скорость и дистанцию автоматически, оптимизация структуры парка и его списание, если он не отвечает экологическим нормам; модернизация ПС; развитие системы регулярного экологического контроля ПС с использованием интеллектуальных транспортных систем на основе ГЛОНАСС/GPS; использование современных автомобильных шин от ведущих производителей; своевременное прохождение техосмотра ПС (2 раза в год); соблюдение требований активной, пассивной, экологической и послеварийной безопасности

II. Топливо. Масла. Специальные жидкости. Контроль за качеством используемых горюче-смазочных материалов (ГСМ); очистка топлив; выбор поставщиков ГСМ, предоставляющих более качественное топливо; использование альтернативного топлива (газовое, водородное и т.д.); контроль со стороны государства за фирмами (организациями), имеющими в своем активе АЭС и ГЭС, и осуществление постоянного мониторинга за качеством их ГСМ и предоставлением дополнительных сопутствующих услуг; реконструкция и модернизация АЭС и ГЭС

III. Производственно-техническая база (ПТБ). Оснащение автотранспортных предприятий (АТП) современным диагностическим оборудованием; выделение специальных постов по ремонту топливной системы; использование технологий по переработке масел, шин и аккумуляторных батарей (АКБ)

IV. Техническое обслуживание и ремонт (ТО и Р). Совершенствование технологии, организации и управления процессами ТО и Р ПС; разработка и применение обоснованных нормативов системы ТО и Р; применение технологичных адаптивных к изменениям конструкций ПС и условий их работы

V. Условия работы ПС. Выбор ПС с учетом условий эксплуатации (рельеф, равнинный, холмистый или горная местность) и природно-климатических условий; качество дорожного полотна (соответствие нормативным требованиям); геометрические элементы автомобильной дороги (АД)

VI. Материально-техническое обеспечение (МТО). Применение рациональных норм расхода топлив, масел и спец. жидкостей; обеспечение рациональных запасов и методов их пополнения; создание резерва исправных автобусов; совершенствование процессов заказа и доставки нового и отремонтированного ПС, а также комплектующих изделий и материалов соответствующего уровня качества

VII. Персонал. Повышение квалификации персонала, в том числе водителей и ремонтных рабочих; совершенствование систем стимулирования и мотивации персонала АТП на поддержание экологических норм и стандартов

VIII. Технология перевозок. Создание оптимальной маршрутной сети с рациональным количеством ПС; внедрение различных режимов движения на маршруте (скоростных, экспрессных), а также остановок по требованию; выделение спец. полос для движения маршрутных средств; ликвидация малодельных остановочных пунктов; оптимизация структуры парка (по маркам и вместимости); внедрение диспетчерского управления движением ПС и его контролем на линии с учетом интеллектуальных транспортных систем (ИТС) на основе спутникового информационного обеспечения (ГЛОНАСС/GPS); сокращение или запрещение движения грузовых автомобилей на участках дорог с интенсивным движением; оптимальное наполнение ПС (рекомендация: не более номинального) в соответствии с уровнями КТОН; координация движения всех видов городского пассажирского транспорта (ГПТ); совершенствование системы организации дорожного движения; соблюдение нормативных скоростей движения в соответствии с уровнями КТОН; учет уровней загрузки АД движением, которые влияют на расход топлива П

Рис. 2. Граф обеспечения нормативного уровня экологической безопасности на ПАТ в КЗ

- реформирование системы управления пассажирским транспортом с использованием информационных нанотехнологий;
- реформирование системы финансирования пассажирских перевозок;
- изменение распределения пассажиропотоков на маршрутной сети;
- совершенствование маршрутной сети в соответствии со спросом пассажиров на передвижения;
- изменение условий дорожного движения, обеспечивающих надежность и безопасность обслуживания пассажиров и исключение ДТП.

3. Удовлетворение потребностей, зависящих от выбранного направления развития пассажирского транспорта на перспективу:

- реформирование предприятий, обеспечивающих обслуживание местного и приезжего населения;
- развитие производственно-технической базы;
- экологическое страхование;
- развитие систем материально-технического обеспечения;
- развитие систем управления персоналом и хозрасчетных форм взаимодействия;
- совершенствование управления движением с использованием систем GLONASS/GPS;
- обеспечение безопасности жизнедеятельности;
- обеспечение экологической безопасности;
- информатизация управленческих производственных процессов;
- совершенствование систем сбора проездной платы;
- создание резерва исправных автобусов, перевод автобусов на газовое топливо.

Определение и оценку зон транспортного обслуживания населения и отдыхающих с соответствующим количеством выбросов вредных веществ в атмосферу при определенном объеме перевозок пассажиров и уровне качества транспортного их обслуживания целесообразно проводить с помощью интегрирования заданной функции. Интегрирование такой функции является составной частью решения более полного и качественного транспортного обслуживания местного и приезжего населения в КЗ на основании определенного интеграла:

$$I = \int_a^b f(x) dx, \quad (4)$$

где функция $f(x) \geq 0$; I — зона (площадь) транспортного обслуживания, ограниченная кривой $y = f(x)$, осью абсцисс и прямыми $x = a$, $x = b$ (рис. 3).

Функция $f(x)$ ограничена замкнутым интервалом $[a, b]$. Разобьем $[a, b]$ на n частичных интервалов $[x_i, x_{i+1}]$, $0 \leq i \leq n-1$, $x_n = b$, $x_0 = a$. Выберем в каждом частичном интервале произволь-

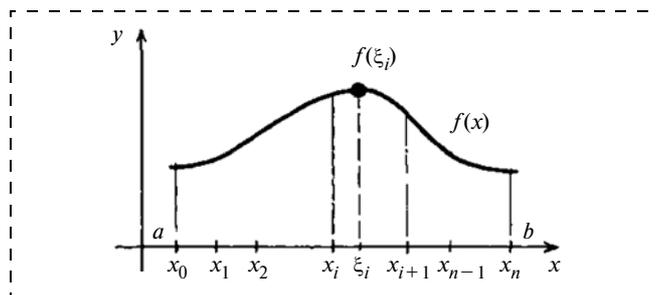


Рис. 3. Площадь транспортного обслуживания населения КЗ

ную точку ξ_i , соответствующую, например, определенному количеству ВЗВ в атмосферу ПАТ в курортной зоне, в диапазоне $x_i \leq \xi_i \leq x_{i+1}$, и составим интегральную сумму (см. рис. 3):

$$S = \sum_{i=0}^{n-1} f(\xi_i)(x_{i+1} - x_i). \quad (5)$$

Решая уравнение (5), находим верхнюю S_2 и нижнюю S_1 суммы, которые позволяют установить величину погрешности S в оценке фактических количественных значений ВЗВ в атмосферу, отличных от нормативных:

$$|I - S| \leq S_2 - S_1; \quad (6)$$

$$S_1 = \sum_{i=0}^{n-1} m_i(x_{i+1} - x_i); \quad m_i = \min_{x_i \leq x \leq x_{i+1}} f(x); \quad (7)$$

$$S_2 = \sum_{i=0}^{n-1} M_i(x_{i+1} - x_i); \quad M_i = \max_{x_i \leq x \leq x_{i+1}} f(x). \quad (8)$$

Если об интегрируемой функции $f(x)$ ничего не известно, кроме того, что $f(x)$ непрерывна, то вычисление суммы (5) и оценка погрешности (6, 7, 8) являются наиболее естественной формулой численного интегрирования.

Точки ξ_i , в которых вычисляются значения $f(x)$, назовем узлами, а разности $(x_{i+1} - x_i)$ заменим некоторыми числами q_i и назовем весами.

Тогда формула (5) примет следующий вид:

$$Q = \sum_{i=0}^{n-1} q_i f(\xi_i), \quad (9)$$

где $a \leq \xi_i \leq b$, тогда интеграл (4) примет следующий вид:

$$I = \int_a^b f(x) dx = \sum_{i=0}^{n-1} q_i f(\xi_i) + R. \quad (10)$$

Зависимость (10) называют квадратурной формулой, где величина R — погрешность, которая ее определяет. Каждая конкретная квадратурная формула считается заданной, если указано, как выбирать ξ_i и соответствующие веса q_i .



Общая погрешность, зависящая от числа узлов и свойств гладкости функции $f(x)$, вносится из-за погрешности заданий весов q_i (количество ВЗВ в атмосфере от работы ПАТ в определенный момент времени и в определенной курортной зоне) и погрешности вычисления $f(\xi_i)$, связанной с погрешностью задания узлов (их количества).

Абсолютная погрешность численного определения интеграла ΔI может быть представлена в виде:

$$\Delta I = \sum_{i=0}^{n-1} \Delta q_i \max |f(\xi_0)| + q_i \max \left| \frac{df(\xi_i)}{dx} \right| \Delta \xi_i + |R|, \quad (11)$$

где Δq_i , $\Delta \xi_i$ — соответственно абсолютная погрешность весов и узлов.

Веса q_i на интервале $[a, b]$ определяются по формуле:

$$q_i = \int_a^b \frac{(x - \xi_0) \dots (x - \xi_{i-1})(x - \xi_{i+1}) \dots (x - \xi_m)}{(\xi_i - \xi_0) \dots (\xi_i - \xi_{i-1})(\xi_i - \xi_{i+1}) \dots (\xi_i - \xi_m)} dx. \quad (12)$$

При численном интегрировании функций двух переменных $f(x, y)$ по некоторым курортным зонам и границам этих зон D транспортного обслуживания часто применяют квадратурные формулы, которые получают комбинацией одномерных квадратурных формул. Пример интегрирования $f(x, y)$ по части курортной зоны D (например, по зоне культурно-бытового центра) транспортного обслуживания будет иметь вид (рис. 4):

$$D = \{\varphi_1(y) \leq x \leq \varphi_2(y), c \leq y \leq d\}, \quad (13)$$

где часть границы зоны определяется непрерывными функциями $\varphi_1(y)$, $\varphi_2(y)$.

Тогда необходимо вычисление интеграла по формуле:

$$I = \iint_D f(x, y) dx dy = \int_c^d \int_{\varphi_1(y)}^{\varphi_2(y)} f(x, y) dx. \quad (14)$$

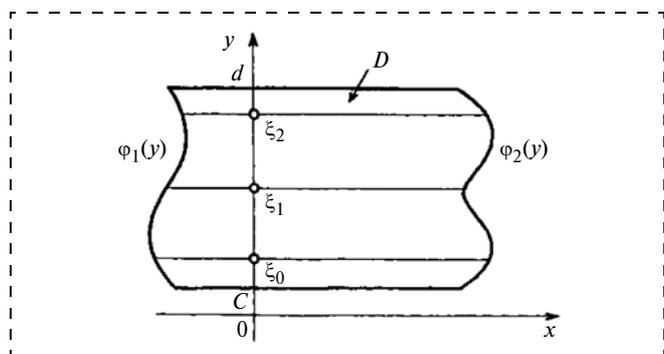


Рис. 4. Интегрирование функций двух переменных по части курортной зоны D транспортного обслуживания

Сведение двойного интеграла к повторному (14) позволяет дважды применить одномерные квадратурные формулы (например, формулы Гаусса).

При этом исходный интеграл примет следующий вид:

$$V(y) = \int_{\varphi_1(y)}^{\varphi_2(y)} f(x, y) dx; \quad (15)$$

$$Y = \int_c^d V(y) dy. \quad (16)$$

Интеграл (16) вычисляется с помощью одномерной формулы Гаусса:

$$Y = \int_c^d V(y) dy = \sum_{j=0}^n r_j V(\eta_j) + R_1, \quad (17)$$

где веса r_j и узлы η_j определяются приведением к стандартному интервалу.

Каждое значение $V(\eta_j)$ вычисляется по одномерной формуле Гаусса:

$$V(\eta_j) = \int_{\varphi_1(\eta_j)}^{\varphi_2(\eta_j)} f(x, \eta_j) dx = \sum_{i=0}^m q_{i,j} f(\xi_{i,j}, \eta_j) + R_2, \quad (18)$$

где веса $q_{i,j}$ и узлы $\xi_{i,j}$ зависят от выбора узлов η_j .

Далее, объединяя формулы (17) и (18), получим формулу Гаусса, которая и будет отражать часть курортной зоны транспортного обслуживания населения при конкретных количествах ВЗВ в атмосфере от ПАТ, при соответствующих объемах перевозок и уровнях КТОН:

$$I = Q + R, \quad (19)$$

$$Q = \sum_{j=0}^n r_j \sum_{i=0}^m q_{i,j} f(\xi_{i,j}, \eta_j), \quad (20)$$

где R — общая погрешность, зависящая от числа транспортных узлов и свойств гладкости функции $f(x, y)$.

Изложенная методология позволит оценивать зоны транспортного обслуживания населения и отдыхающих курортного региона по количественным критериям ВЗВ в атмосфере от работы ПАТ; объемам перевозок пассажиров с соответствующими уровнями КТОН с определенной погрешностью их оценки.

Список литературы

1. Кравченко А. Е. Формирование системы перевозочных процессов пассажирским автомобильным транспортом в курортных зонах: Монография. Краснодар: Издательский ДОМ — ЮГ, 2010. — 468 с.
2. ВСН 25-86. Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах / Минавтодор РСФСР.
3. Сарбаев В. И. Научные основы обеспечения экологической безопасности эксплуатации автомобильного транспорта (на примере городских автобусов): Автореферат диссертации докт. техн. наук. — М.: МГИУ, 2005. — 36 с.

УДК 665.67.658.567

Л. К. Алтунина, д-р техн. наук, проф., зав. лаб., **Л. И. Сваровская**, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. лаб., **Д. А. Филатов**, канд. биол. наук, науч. раб. лаб., **В. С. Овсянникова**, канд. хим. наук, мл. науч. сотр. лаб., Институт химии нефти СО РАН, г. Томск
E-mail: argonavt6@yandex.ru

Метод отмыва нефтешламов с применением моющих композиций на основе поверхностно-активных веществ

Дана характеристика нефтешламов, отобранных на месторождениях Томской области. Приведен состав моющей композиции на основе поверхностно-активных веществ. Описана методика отмыва нефтешламов с применением моющей композиции. Эта методика позволяет в короткие сроки осуществлять очистку нефтешламов и тем самым уменьшить загрязнение окружающей среды.

Ключевые слова: нефтешламы, моющие композиции, микроорганизмы, экстракция, раствор, биodeградация, нефтешламовый амбар, поверхностно-активные вещества

Altunina L. K., Svarovskaya L. I., Filatov D. A., Ovsyannikova V. S. Method of washing oil-slimes with the use of washings compositions on the basis of surface-active substances

Oil sludges sampled from oil fields of the Tomsk Region have been characterized. Composition of the detergent system based on surface-active substances has been presented. Procedure of oil sludge washing has been described using the detergent system. This procedure enables one to clean oil sludge in a short space of time and thereby to reduce environment contamination.

Keywords: oil-slimes, detergent systems, microorganisms, extraction, solution, biodegradation, oil-sludge barn, surface-active substances

В настоящее время остро стоит вопрос о ликвидации нефтешламовых отходов, образованных на нефтепромыслах фактически с самого начала освоения и эксплуатации нефтяных месторождений. Нефтепродукты, поступая в почву, приводят к изменению ее состава и свойств, нарушению структуры и, соответственно, потере почвенного плодородия, ухудшению водно-воздушного режима, оказывают губительное воздействие на растительный и животный мир [1].

В нефтешламы попадают буровые отходы, грунт после аварийных разливов нефти, асфальто-

смоло-парафинистые отложения после очистки резервуаров и т. д. [2]. В основном шламы представляют собой тяжелые нефтяные остатки, содержащие в среднем 10...56 % нефтепродуктов, 30...85 % воды, 1,3...4,6 % твердых примесей. Накопление и хранение нефтешламов, привозимых с прилегающих территорий месторождения, осуществляются в специальных бетонированных емкостях объемом 80...100 т без какой-либо сортировки и классификации [3].

Решение проблемы утилизации нефтяных шламов осложняется их высокой устойчивостью, особенностями состава и свойствами, постоянно изменяющимися под влиянием воздуха при хранении в открытых амбарах. С течением времени отходы "стареют" вследствие испарения легких фракций, окисления и осмоления нефти, образования коллоидно-мицеллярных конгломератов, дополнительного загрязнения механическими примесями [4]. Вследствие этого устойчивость к разрушению таких сложных многокомпонентных дисперсных систем многократно возрастает, а обработка и утилизация их представляют одну из труднейших задач. К тому же это приводит к появлению токсичных и канцерогенных соединений, которые, попадая в грунтовые воды, отравляют окружающую среду.

Для очистки нефтешламов в мировой практике применяются технологии, основанные на экстрагировании растворителями, электрохимическом отделении органической части, сжигании в специальных печах, использовании нефтешламов в качестве добавок к топливу и материалам в дорожном строительстве [5]. Коллективом Института химии нефти (г. Томск) предложен экологически безопасный комплексный метод очистки нефтешламов и загрязненных грунтов с применением моющих композиций на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ). Механизм действия ПАВ — это снижение межфазного натяжения на границах раздела "нефть—вода—твердая фаза", в результате чего за счет действия поверх-



ностных сил пленка нефтяного загрязнения стягивается в каплю, которая затем отрывается от отмываемой поверхности и переходит в жидкую фазу, т. е. метод предполагает физико-химическое разделение нефтяного шлама на составляющие фазы.

Использование композиций на основе ПАВ позволит применять биорекультивацию для шламов с высокой степенью загрязнения или значительно сократить время рекультивации, снижая содержание нефтепродукта на 65...90 %.

Целью данной работы была оценка эффективности моющей композиции на основе ПАВ при отмыве нефтешламов.

Экспериментальная часть

Объекты исследования. Объектами испытания моющих свойств композиции служили модели нефтешламов, представленные грунтом, загрязненным легкой нефтью Крапивинского и вязкой нефтью Усинского месторождений, нефтешламы, отобранные на территории аварийных разливов нефти Советского, Вахского, Нижневартовского месторождений, а также месторождения Монголии Тамсагбулаг. Опытно-промышленные испытания проводили в Западной Сибири на территории Малореченского месторождения Томской области. Содержание органического углерода в пробах определили в пределах от 60 до 400 г/кг нефтешлама.

Отмыв нефтешлама. Процесс отмыва проводили в два этапа: отмыв раствором композиции ПАВ в соотношении 1 : 1 с последующим отмывом водой в том же соотношении. В состав моющих композиций входят промышленные ПАВ (волгонат, синтанол и неонол), фосфатно-буферная система с $pH = 9,4$ и карбамид, который в составе композиции стабилизирует значение pH . Все компоненты композиции являются продуктами российского крупнотоннажного производства.

Процесс отмыва шлама включает обязательное перемешивание и отстаивание. Процесс перемешивания нефтешлама при отмыве композицией на основе ПАВ проводится для десорбции загрязняющих нефтепродуктов и их локализации на поверхности водной фазы, откуда они удаляются с помощью насоса или другого способа. После удаления нефтепродуктов и разбавления новой порцией раствора композиции вода возвращается в рецикл (см. рисунок). Время рекультивации нефтешлама, в зависимости от объема, занимает от 1 до 3 суток.

Исходное и остаточное содержание нефтепродуктов в шламе определяли гравиметрическим методом после экстракции хлороформом на аппарате Сокслета [6]. Повторность измерений в экспериментах трехкратная. Все данные представлялись в виде средних арифметических значений.

Результаты и их обсуждение

Для отмыва нефтешлама были исследованы разные составы композиций на основе ПАВ. Водные растворы композиций имели высокое значение $pH = 8,7...9,2$. После отмыва нефтешлама в отработанной жидкой среде определяли концентрацию водорастворимых нефтепродуктов. Полученные результаты позволили отобрать оптимальный вариант состава композиции, содержащей волгонат, синтанол, неонол, фосфатно-буферную систему, карбамид и воду в определенной концентрации. Выбранной композицией проводили отмыв нефтешламов и нефтезагрязненных грунтов с разной концентрацией загрязняющих нефтепродуктов. На состав и моющие свойства композиции оформлена заявка на патент, получена приоритетная справка № 2009124198 от 24.06.2009.

Отмыв модели грунта, загрязненного легкой нефтью Крапивинского месторождения с концентрацией 195 г/кг, и грунта, загрязненного вязкой нефтью Усинского месторождения с концен-

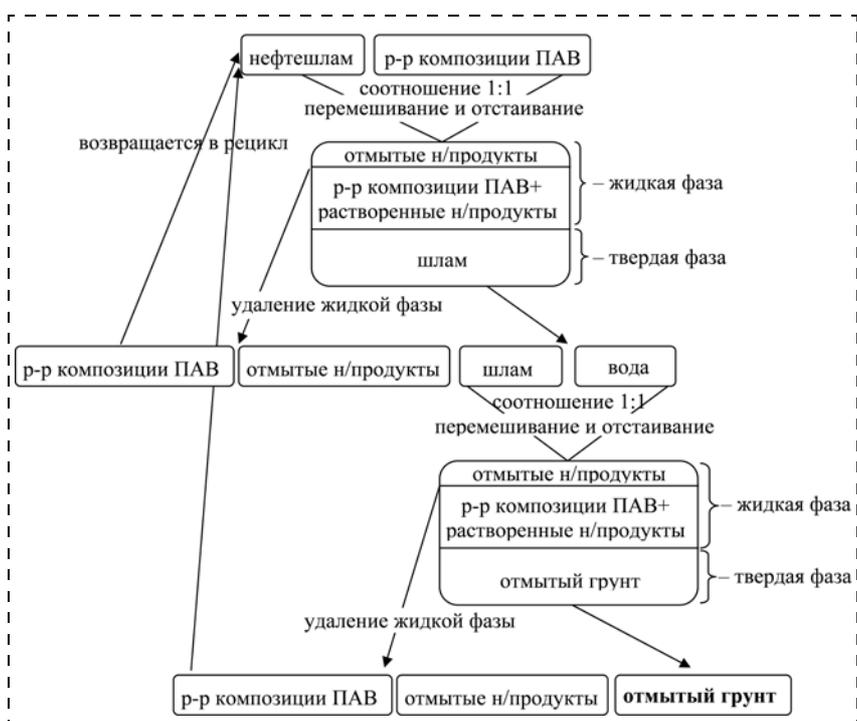


Схема отмыва нефтешламов моющей композицией на основе ПАВ

Таблица 1

Изменение концентрации нефтезагрязнения в нефтезагрязненных грунтах месторождений Западной Сибири после отмыва

Концентрация загрязнения, г/кг (%)			
Крапивинское		Усинское	
Исходная	После отмыва	Исходная	После отмыва
195 ± 1,9 (19,5)	12 ± 0,6 (1,2)	155 ± 1,5 (15,5)	18 ± 0,7 (1,8)

трацией 155 г/кг, проводили моющей композицией. В результате отмыва образуются три слоя: верхний — нефтепродукты, средний — разбавленный раствор композиции ПАВ, загрязненный остаточными нефтепродуктами после их сбора и удаления, и третий — отмывтый грунт. Концентрация загрязнения после отмыва понизилась до 12 г/кг и 18 г/кг соответственно (табл. 1).

Из полученных результатов следует, что снижение загрязняющих нефтепродуктов для исследованных месторождений составило 89...94 %.

Исходное загрязнение нефтепродуктами шлама Советского, Нижневартовского и Вахского месторождений составило 100 г/кг, 60 г/кг и 70 г/кг соответственно. После отмыва шлама раствором композиции концентрация загрязнения значительно понизилась (табл. 2).

Из полученных результатов следует, что нефтешламы с исходным загрязнением от 60 до 100 г/кг после отмыва содержат от 4,5 до 9 г/кг нефтепродуктов. Снижение количества загрязняющих нефтепродуктов составило 88...93 %.

Исходная концентрация нефтепродуктов в шламе, отобранном на месторождении Тамсагбулаг, составляла 105 г/кг. После отмыва раствором композиции и водой концентрация загрязнения снизилась до 8 г/кг (соответственно 10,5 и 0,8 %).

Величина остаточного загрязнения после отмыва композицией на основе ПАВ и водой в большей степени зависит от концентрации исходного загрязнения. Нефтешлам после отмыва с концентрацией загрязнения до 2 % визуально чистый, не

Таблица 2

Изменение концентрации нефтезагрязнения в шламах месторождений Западной Сибири после отмыва

Концентрация загрязнения, г/кг (%)					
Советское		Нижневартовское		Вахское	
Исходная	После отмыва	Исходная	После отмыва	Исходная	После отмыва
100 ± 1,1 (10)	9,3 ± 0,5 (0,93)	60 ± 0,9 (6,0)	4,5 ± 0,3 (0,45)	70 ± 1,9 (7,0)	8 ± 0,4 (0,8)

требует дополнительной обработки и может использоваться в качестве технического грунта, для отсыпки дорог, ликвидации оврагов или для создания газонов.

Концентрация нефтепродуктов, загрязняющих воду, после одного цикла отмыва нефтешлама и сбора отстоявшейся нефти составляет от 8 до 20 г/л и после разбавления новой порцией раствора композиции ПАВ может использоваться многократно.

Опытно-промышленные испытания проводили на Малореченском месторождении Томской области. Шламонакопители (карты) вмещают в себя от 100 до 300 т нефтешлама. Для испытаний моющих свойств композиции на основе ПАВ выбрали карту, вмещающую около 125 т нефтешлама. Из безводного концентрата композиции на основе ПАВ приготовили 25 т (20 м³) рабочего раствора композиции ПАВ. Рабочий раствор нефтеотмывающей композиции в воде готовили порциями в разборной емкости вместимостью 2 м³ из прорезиненной ткани. Воду брали из пожарного водоема с помощью мотопомпы. Перемешивание состава и его последующую подачу в шламонакопитель осуществляли также с помощью мотопомпы. Приготовленный рабочий раствор композиции ПАВ в количестве 25 т с помощью мотопомпы перекачивали в шламонакопитель и добавляли 100 т воды при перемешивании. После отстаивания нефть с поверхности собирали с помощью насоса в специальные емкости, а загрязненную водную фазу перекачивали в специальный амбар для проведения микробиологической очистки. Исходная концентрация загрязнения составляла (400 ± 5) г/кг (40 %), после отмыва — (140 ± 1,8) г/кг (14 %).

В результате отмыва нефтешлама по предлагаемой технологии отмечается снижение уровня загрязнения на 65 %. Такой нефтешлам нуждается в дополнительной очистке на полях биодegradации с применением микробиологических методов деструкции. Следовательно, при отмыве застарелых нефтешламов с высокой концентрацией загрязняющих нефтепродуктов (выше 20 %) необходимо применение комплексного физико-химического и микробиологического методов.

Заключение

Таким образом, разработан состав моющей композиции, который может быть использован для отмыва нефтезагрязненных грунтов и нефтешламов. В состав композиции входят волгонат, синтанол, неонол, а так же фосфатно-буферная система и карбамид. Моющая композиция отличается эффективностью отмыва углеводородных загрязнений и высокими моющими свойствами. Апробированы схемы отмыва нефтешлама. Технологический процесс отмыва обеспечивает образование трех устойчивых фаз:



верхнего слоя нефтепродуктов, слоя разбавленного водного моющего раствора и нижнего слоя — отмытого грунта. Нефтепродукты с поверхности собираются в специальные емкости и перерабатываются.

Отмытые нефтешламы и грунты с остаточным содержанием нефтепродуктов до 1,5...2 %, визуально чистые, не требуют дополнительной очистки и могут быть переработаны в строительные материалы или использоваться для подсыпки кустовых площадок и дорог. Отмытый нефтешлам, содержащий более 2 % нефтепродуктов, подлежит дополнительной очистке microbiological методами — например, на полях биодеструкции с применением микроорганизмов-деструкторов.

Отработанный моющий раствор после удаления нефтепродуктов и разбавления новой порцией раствора композиции может использоваться многократно для отмыва нефтешлама либо для других хозяйственных нужд.

Создание высокопроизводительной и эффективной технологии на основе данного метода позволит решить проблему очистки нефтешламов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственного контракта № 322 с Администрацией Томской области на выполнение инновационных проектов по теме: "Производство и испытания композиций для отмыва нефтешламов".

Список литературы

1. Хайдаров Ф. Р. Нефтешламы. Методы переработки и утилизации. — Уфа: ООО "Издательство научно-технической литературы "Монография", 2003. — 74 с.
2. Ибатуллин Р. Р., Мутин И. И., Исхакова М. Н., Сахабудинов К. Г. Исследование свойств нефтешламов и способы их утилизации // Нефтяное хозяйство. — 2006. — № 11. — С. 116—118.
3. Романцева С. В., Ликсутина А. П. О взаимосвязи углеродного состава нефтешламов с методами их утилизации // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. — 2003. — № 1. — С. 129—130.
4. Суфиянов Р. Ш. Обезвреживание нефтесодержащих отходов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. — 2010 г. — № 5. — С. 36—40.
5. Нагорнов С. А. Повышение эффективности утилизации нефтешламов // Химия и нефтегазовое машиностроение. — 2002. — № 1. — С. 31—32.
6. Другов Ю. С., Родин А. А. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов. Практическое руководство. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. — 424 с.

УДК 504:621(075,8)

В. А. Ермолаева, канд. хим. наук, доц., Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
E-mail: bgd@mivlgu.ru

Исследование возможности повышения эффективности функционирования станции обезжелезивания питьевой воды

Исследована работа станции обезжелезивания питьевой воды с точки зрения экологической и социальной безопасности, предложены мероприятия по совершенствованию ее работы.

Ключевые слова: фотокolorиметрический метод определения железа в воде, станция обезжелезивания, железобактерии

Ermolaeva V. A. Research of an opportunity of increase of efficiency of functioning of station of removal of connections of iron in potable water

Work of station of removal of connections of iron in potable water is investigated from the point of view of ecological and social safety, actions for improvement of its work are offered.

Keywords: a colorimetric method of definition of iron in water, station of removal of connections of iron in potable water, ferrobacteria

1. Соединения железа в природных водах

Одной из самых актуальных проблем человечества в новом веке остается получение и очистка питьевой воды. В нормах очистки воды ее обезжелезивание является одним из главных пунктов.

Вода является основным растворителем в человеческом организме, переносчиком солей, кислот, ферментов, гормонов. При растворении веществ особенно важен химический состав воды, ведь чем больше посторонних примесей в воде, тем хуже она растворяет вещества. Любое отклонение состава воды от нормы отрицательно влияет на самочувствие и здоровье человека. В связи с этим интерес к качеству работы водных объектов неуклонно растет. В последнее время внимание ученых все больше привлекает проблема "ржавой" воды. К большому сожалению, ситуация с качеством водопроводной воды в нашей стране пока не улучшается. Существует мнение, что наличие "ржавчи-

ны" в воде является следствием коррозии стальных водопроводных труб. Однако известны случаи, когда после переключения водопровода с не очищенной от соединений железа воды на очищенную воду ржавчина исчезает, что свидетельствует о том, что промывка труб происходит за несколько часов.

Химический состав природных вод Владимирской области формируется в основном самой природой. Воды рек, водоемов, подземные воды обогащаются минеральными солями из атмосферы и литосферы. Подземные воды имеют подпитку из болот и слабопроточных водоемов, богатых органикой. Металлы в них могут находиться в составе проточных комплексов с органическими соединениями. Такие подземные воды характеризуются низкими значениями pH, цветностью, наличием различных видов железобактерий, выполняющих в природе значительную биохимическую работу.

Основными причинами, способствующими снижению качества питьевой воды по органолептическим и химическим показателям, являются повышенное содержание в ней соединений железа и присутствие железобактерий.

Железо — самый распространенный после алюминия металл на земном шаре, его процентное содержание по массе в земной коре составляет 4,65 %. Главными источниками соединений железа в природных водах являются процессы химического выветривания и растворения горных пород. Железо реагирует с содержащимися в природных водах минеральными и органическими веществами, образуя сложный набор соединений. В природных водах содержатся соединения двухвалентного и трехвалентного железа в растворенном, коллоидном и взвешенном состоянии. Соединения Fe^{2+} присутствуют только в подземных водах, образуясь при растворении железосодержащих пород под действием кислот (угольной, гуминовых и др.). В артезианских скважинных водах и в грунтовых водах железо преимущественно присутствует в виде кислой соли $Fe(HCO_3)_2$, которая легко гидролизует и окисляется при наличии в воде кислорода и уменьшении концентрации растворенной в воде углекислоты. Встречаются также карбонаты ($FeCO_3$), сульфаты ($FeSO_4$) и сульфиды (FeS) двухвалентного железа. В трехвалентном состоянии растворенное железо встречается крайне редко в виде сульфатов ($Fe_2(SO_4)_3$) или растворимых органических комплексов. Соли двухвалентного железа легко переводятся в соли трехвалентного железа действием различных окислителей. В поверхностных водах железо содержится главным образом в виде органических комплексных соединений или в виде $Fe(OH)_3$. Органическая форма содержания железа в воде — это сложные комплексы с гуминовыми кислотами (гуминовое железо), имеющие коричнево-бурую окраску.

Большое количество железа поступает в воду из сточных вод металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и с сельскохозяйственными стоками. В питьевой воде железо может присутствовать вследствие применения на станциях очистки воды железосодержащих коагулянтов либо из-за коррозии водопроводных труб, изготовленных из чугуна или стали.

Бактериальное железо — еще одна форма присутствия железа в природной воде, проявляет себя радужной опалесцирующей пленкой на поверхности воды и желеобразной массой, накапливающейся внутри труб. Бактериальное железо образуется в процессе жизнедеятельности железобактерий, способных использовать энергию преобразования двухвалентного железа в трехвалентное. Железобактерии являются типичными представителями микрофлоры подземных вод. Количество железобактерий может достигать сотен клеток в 1 мл воды, а концентрация их по биомассе — до 100 мг/л.

Существуют три основные группы железобактерий:

- нитчатые бактерии, обычно легко узнаваемые при прямом микроскопическом исследовании (например, *Leptothrix ochracea*);

- стебельковые бактерии, прежде всего *Gallionella ferruginea*;

- настоящие бактерии, очень трудно узнаваемые при прямом исследовании и трудно выделяемые в чистом виде; преобладающим семейством в этом виде бактерий является *Siderocapsa* [1].

Рассмотрим влияние железобактерий на эксплуатационные характеристики водопроводной сети. Железобактерии выносятся из источника водоснабжения в водопроводную сеть, после чего закрепляются на стенках трубопровода. Поскольку поверхность трубы не является идеально гладкой, а железобактерии представлены нитчатыми формами, происходит механическое удерживание микроорганизмов. Закрепившись на стенке трубопровода, железобактерии размножаются, формируют биопленку, образуют гидроокись, которая откладывается на их поверхности в виде чехла. Когда чехол становится достаточно плотным и начинает препятствовать сообщению клеток с внешней средой, они его покидают и начинают формировать новый. Даже при незначительном количестве (менее 0,3 мг/л) железа в воде клетки микроорганизмов активно аккумулируют его. Таким образом, на поверхности трубопровода появляются участки, покрытые обильными охристыми отложениями, образованными биогенным путем.

Сами по себе эти бактерии не представляют опасности для организма человека, однако продукты их жизнедеятельности могут быть вредными. В отложениях, образованных железобактериями, находят благоприятные условия для жизнедеятель-



ности и другие бактерии, в том числе кишечные палочки, гнилостные бактерии, различные черви и другие. Таким образом, происходит вторичное загрязнение воды продуктами жизнедеятельности и разложения этих микроорганизмов, что, в свою очередь, приводит к существенному увеличению в воде концентрации железа [2].

Необходимость извлечения железа из природных и производственных вод вызвана не только гигиеническими требованиями, но и рядом нежелательных последствий эстетического, технического, экономического и органолептического характера: привкусы и цветность воды, следы на белье, посуде, кухонном и санитарном оборудовании, коррозия и забивание трубопроводов, вывод из строя бытовых умягчительных систем, загрязнение продукции и материалов в агропищевой, текстильной, целлюлозно-бумажной, химической и других отраслях промышленности. Содержащая железо вода сначала прозрачна и чиста на вид. Однако даже при непродолжительном контакте с кислородом воздуха железо окисляется, придавая воде желтовато-бурую окраску. При концентрации ионов железа более 0,3 мг/л у воды появляется неприятная красно-коричневая окраска и железистый привкус. Содержание ионов Fe^{3+} в воде выше 1...2 мг/л значительно ухудшает органолептические свойства, придавая ей неприятный вяжущий вкус, и делает воду малоприспособленной для использования в технических целях. При повышенном содержании фосфатов и железа в котловой воде на внутренних поверхностях парообразующих труб откладываются рыхлые железосодержащие накипи $NaFePO_4$, $Fe_3(PO_4)_2$. На внутренней поверхности труб в зонах наибольших температур, характеризующихся высокими местными тепловыми нагрузками, откладываются железосодержащие накипи, состоящие на 70... 90 % из оксидов железа, главным образом в форме Fe_3O_4 . Согласно принятым санитарным нормам содержание общего железа в водопроводной воде не должно превышать 0,3 мг/л (рекомендации ВОЗ — 0,1 мг/л).

Избыточное количество железа оказывает неблагоприятное воздействие на кожу, может быть причиной возникновения аллергических реакций, влияет на морфологический состав крови.

Именно обезжелезивание подземных вод может решить проблему высокого количества данного металла в очищаемой воде, а значит, значительно продлить срок службы водоканальных труб и, конечно же, улучшить качество подаваемой воды [3].

На сегодняшний день не существует единого универсального метода комплексной очистки воды от всех существующих форм железа. Используя ту или иную схему водоподготовки, можно добиться желаемого результата в каждом конкретном случае.

2. Исследование содержания соединений железа в воде

Для определения содержания общего железа в воде использовался колориметрический метод, основанный на взаимодействии в сильнокислой среде оксидного железа и роданида с образованием окрашенного в красный цвет комплексного соединения роданового железа [4]. Сущность происходящей реакции можно изобразить схематично:



Интенсивность окраски пропорциональна концентрации железа. Чувствительность метода 0,05 мг Fe/л. Объем воды для определения должен быть не менее 200 см³. Пробы воды не консервируются.

2.1. Качественное определение с приближенной количественной оценкой

В пробирку наливали 10 мл исследуемой воды, вносили две капли концентрированной соляной кислоты и несколько кристаллов персульфата аммония и 0,2 мл роданида аммония или калия. После внесения каждого реактива содержимое пробирки перемешивали. Приблизительно массовую концентрацию железа определяли в соответствии с данными табл. 1.

По интенсивности полученного окрашивания делали вывод о количестве содержащегося железа.

Таблица 1

Качественное определение содержания ионов железа в воде

Окрашивание при рассмотрении сбоку	Окрашивание при рассмотрении сверху вниз	Массовая концентрация железа, мг/л
Окрашивания нет	Окрашивания нет	Менее 0,05
Едва заметное желтовато-розовое	Чрезвычайно слабое желтовато-розовое	0,1
Очень слабое желтовато-розовое	Слабое желтовато-розовое	0,25
Слабое желтовато-розовое	Светло-желтовато-розовое	0,5
Светло-желтовато-розовое	Желтовато-розовое	1,0
Сильное желтовато-розовое	Желтовато-красное	2,0
Светло-желтовато-красное	Ярко-красное	Более 2,0

2.2. Количественное определение

В мерную колбу вместимостью 50 мл отбирали 50 мл тщательно перемешанной исследуемой воды. Затем добавляли 1 мл соляной кислоты (плотностью 1,12 мг/см³), несколько кристаллов персульфата аммония, перемешивали и добавляли 1 мл роданида калия. После перемешивания сразу же измеряли оптическую плотность на фотоэлектроколориметре, применяя сине-зеленый свето-

фильтр ($\lambda = 490...500$ нм) в кюветах с толщиной оптического слоя 5 см по отношению к дистиллированной воде, в которую добавлены те же реактивы.

Массовую концентрацию общего железа находили по калибровочному графику. Для построения калибровочного графика использовали серию растворов с массовой концентрацией железа 0,0; 0,2; 0,4; 0,8; 1,0 мг/л. К стандартным растворам и раствору сравнения прибавляли 1 мл соляной кислоты (плотностью 1,12 г/см³), несколько кристаллов персульфата аммония и перемешивали. Затем в раствор сравнения и стандартный раствор с массовой концентрацией железа 0,2 мг/л прибавляли по 1 мл раствора роданида калия, содержимое перемешивали и сразу же измеряли оптическую плотность в тех же условиях, что и исследуемой воды. Затем добавляли роданид калия в следующий стандартный раствор и опять определяли оптическую плотность и т. д.

По полученным данным строили калибровочный график, откладывая по оси абсцисс массовую концентрацию железа в мг/л, а по оси ординат — соответствующие значения оптической плотности.

Массовую концентрацию общего железа, мг/л, вычисляли по формуле:

$$X = \frac{C \cdot 50}{V},$$

где C — концентрация железа, найденная по калибровочному графику, мг/л; V — объем пробы, взятый для определения, мл.

Таблица 2

Содержание железа в воде по данным исследования

Номер пробы	Качественное определение: окрашивание при рассмотрении сбоку	Оптическая плотность	Массовая концентрация железа, мг/л
1	Светло-желтовато-розоватое	0,8	0,66
2	Очень слабое желтовато-розовое	0,25	0,21
3	Окрашивания нет	0	<0,01
4	Окрашивания нет	0	<0,01
5	Светло-желтовато-розовое	0,66	0,51
6	Окрашивания нет	0,015	<0,01
7	Светло-желтовато-красное	3	2,5
8	Окрашивания нет	0,02	0,016
9	Едва заметное желтовато-розовое	0,22	0,18
10	Едва заметное желтовато-розовое	0,2	0,16
11	Светло-желтовато-красное	3	2,5
12	Едва заметное желтовато-розовое	0,21	0,17
13	Окрашивания нет	0,015	<0,01
14	Светло-желтовато-розовое	0,74	0,58
15	Едва заметное желтовато-розовое	0,2	0,16

За окончательный результат принимали среднее арифметическое результатов двух параллельных определений, допускаемые расхождения между которыми не должны превышать 25 %.

Для анализа были взяты пробы водопроводной воды из различных районов г. Муром, сточная вода, вода из родников, из колонки, из реки Ока. В результате исследования было выявлено колебание содержания железа в водопроводной воде. Результаты эксперимента представлены в табл. 2.

Содержание железа в водопроводной воде в разных районах города сильно колеблется. В большинстве проб массовая концентрация железа не превышает ПДК и находится в пределах от <0,01 до 0,21 мг/л. Выявлена высокая массовая концентрация железа при исследовании проб № 1, 5, 14 (0,66, 0,51, 0,58 мг/л соответственно) и значительное превышение нормы содержания железа в пробах № 7 и 11 (около 2,5 мг/л). Таким образом, возникает необходимость очистки водопроводной воды от соединений железа.

3. Технологический процесс обезжелезивания артезианской воды

Работа станции обезжелезивания воды была исследована с точки зрения экологической и социальной безопасности, необходимой для осуществления непрерывной и эффективной работы. На станции обезжелезивания, расположенной на территории насосной станции, осуществляется одна из важнейших жизнеобеспечивающих функций — непосредственное снабжение населения и объектов социально-культурной сферы качественной питьевой водой.

Технологический процесс обезжелезивания артезианской воды включает следующие основные стадии:

- аэрация — процесс обогащения воды кислородом воздуха, осуществляемый путем подачи атмосферного воздуха в поток обрабатываемой жидкости с помощью компрессора;

- окисление растворенного железа (II) до нерастворимого коллоидного железа (III) кислородом воздуха при фильтрации на напорных фильтрах с зернистой каталитической загрузкой;

- обеззараживание очищенной воды гипохлоритом натрия путем его дозирования из растворо-расходных емкостей насосами-дозаторами;

- сбор промывной воды после обратноточной промывки фильтров с зернистой загрузкой;

- реагентная обработка промывных вод путем введения в поток промывной воды флокулянта;

- обезвоживание осадка промывных вод с использованием фильтр-пресса.



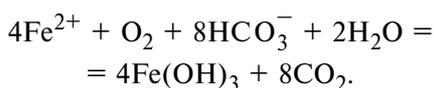
3.1. Каталитическое окисление железа

Исходная вода из артезианской скважины подается на обработку на станцию обезжелезивания на четыре работающих параллельно фильтрующие установки, состоящие из автоматического напорного фильтра с зернистой каталитической загрузкой марки NEVTRACO-I, щита управления, системы аэрации, воздухоподводки и насоса промывной воды.

Аэрация исходной воды осуществляется подачей атмосферного воздуха от компрессоров в аэрационную трубу, расположенную перед фильтром. Аэрационная труба представляет собой расширение на трубопроводе, заполненное полипропиленовыми кольцами для интенсификации процесса аэрации артезианской воды. Каждый компрессор работает на две аэрационные трубы и, соответственно, на два напорных фильтра. Расход воздуха, подаваемый в каждую аэрационную трубу, составляет 83 л/мин. Воздух подается от компрессора с давлением, превышающим давление подаваемой воды на 10...15 %.

Далее аэрированная исходная вода под давлением поступает на фильтры, где пропускается через каталитическую фильтрующую массу. При этом избыточный воздух удаляется из фильтра посредством системы выравнивания давления воздуха, расположенной в верхней части фильтра.

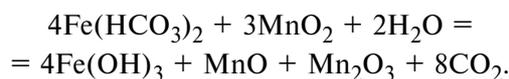
Фильтрация исходной воды через каталитически активную загрузку является основным этапом технологической схемы. В фильтре протекают процессы окисления соединений двухвалентного железа кислородом воздуха в трехвалентное железо по реакции



По стехиометрии на окисление 1 мг железа (II) расходуется 0,143 мг растворенного в воде кислорода. Щелочность воды при этом снижается на 0,036 мг-экв/л. Процесс окисления замедляется при наличии в растворе угольной кислоты, заметно понижающей рН воды, поэтому для быстрого завершения окисления необходимо удалять ее. Этот процесс осуществляется при аэрировании.

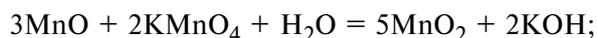
Процесс окисления железа интенсифицируют, применяя в качестве катализаторов природные или искусственные оксиды марганца. Каталитическое окисление — наиболее распространенный на сегодняшний день метод удаления железа, применяемый в компактных высокопроизводительных системах, даже при низких значениях рН воды. Суть метода заключается в том, что реакция окисления железа происходит на поверхности гранул специальной фильтрующей среды, обладающей свойствами катализатора. Наибольшее распространение в современной водоподготовке нашли

фильтрующие среды на основе диоксида марганца (MnO_2), которые в виде пленки покрывают зерна загрузки (карбонат кальция — 97,8 %; карбонат магния — 1,0 %). Процесс окисления железа (II) высшими оксидами марганца, которые при этом восстанавливаются до низших степеней окисления, описывается реакцией:



Вода, содержащая окисленные формы железа, далее проходит механическую фильтрацию на фильтрах с зернистой загрузкой, где освобождается от осадка.

Окисленное железо оседает на поверхности гранул фильтрующей среды, а затем вымывается при обратной промывке фильтров. Таким образом, слой гранулированного катализатора является одновременно и фильтрующей средой. В процессе регенерации марганец, находящийся на гранулах загрузки в низшей степени окисления, переводится в высшую степень окисления. Эти процессы описываются уравнениями:



Осветленная вода отводится из фильтра, направляется на обеззараживание и далее — потребителю, а также в емкость для промывки. Рабочий цикл фильтрации заканчивается при достижении одного из заданных показателей: разности давлений воды на входе и выходе фильтра (перепад давлений) или обезжелезивания определенного количества воды за фильтроцикл. В первом случае работа фильтров контролируется по разности показаний манометров, установленных на трубопроводе, подводящем воду на обработку, и трубопроводе, отводящем из фильтра осветленную воду, во втором — фиксируется суммарное количество воды, обработанное за фильтроцикл. В случае круглосуточного режима работы и постоянной подачи исходной воды возможна установка межпромывочных интервалов по времени.

С экологической точки зрения работа станции обезжелезивания характеризуется отсутствием выбросов в атмосферный воздух. Производственные сточные воды — вода после промывки фильтров с каталитической загрузкой — поступают в емкости для сбора промывных вод. После отстаивания осадок направляется на узел обезвоживания, а затем на утилизацию, а осветленная часть в количестве 56 м³/сутки сбрасывается в хозяйственно-бытовую канализацию.

3.2. Оценка эффективности существующего объекта

Все системы на основе каталитического окисления, помимо таких преимуществ, как простота эксплуатации, а также относительно эффективная очистка воды имеют и ряд общих недостатков.

1. По мере работы фильтра увеличивается количество задержанных им загрязнений, возрастает сопротивление фильтра, снижается скорость фильтрования.

2. Не эффективны в отношении органического железа. Более того, при наличии в воде любой из форм органического железа на поверхности гранул фильтрующего материала со временем образуется органическая пленка, изолирующая катализатор — диоксид марганца от воды. Таким образом, каталитическая способность фильтрующей загрузки резко снижается. А для естественного протекания реакции окисления в фильтрах этого типа недостаточно времени.

3. Не обеспечивают достаточную степень очистки, когда содержание железа в воде превышает 10...15 мг/л. Присутствие оксидов марганца только усугубляет ситуацию.

Для оценки эффективности работы станции обезжелезивания были взяты пробы воды при выходе из артезианской скважины и пробы воды, прошедшей очистку и обеззараживание на станции обезжелезивания. Содержание железа определялось фотоколориметрическим методом. По результатам анализа содержание железа в исходной воде составляет 0,65 мг/л, содержание железа в очищенной воде колеблется от 0,025 до 0,07 мг/л. Таким образом, эффективность очистки воды при данном методе обезжелезивания составляет 89 %.

4. Рекомендации по совершенствованию работы станции обезжелезивания

Для повышения эффективности функционирования станции обезжелезивания питьевой воды предложено использовать самопромывающиеся установки, состоящие из биореактора с носителями прикрепленных микроорганизмов, объединенного с фильтрами ФПЗ-1 с эффективностью очистки 99 %.

Как указывалось выше, основными причинами снижения качества питьевой воды являются повышенное содержание в ней соединений железа и присутствие железобактерий. Однако, кроме отрицательного воздействия, железобактерии могут оказывать положительное влияние на определенных стадиях процесса подготовки воды.

Одним из современных направлений нехимической очистки подземных вод является биологический способ, который основывается на использовании микроорганизмов железобактерий [2].

Современные биотехнологии основаны на использовании свойств каталитической пленки, образующейся на песчано-гравийной загрузке или другом мелкопористом материале, а также на способности железобактерий обеспечивать течение сложных химических реакций без каких-либо затрат энергии и использования реагентов. Обильное развитие железобактерий отмечается в воде с содержанием железа от 10 до 30 мг/л, однако их развитие возможно при низких концентрациях железа. Необходимое условие для развития железобактерий — это поддержание кислотности среды на достаточно низком уровне при одновременном доступе кислорода из воздуха, хотя бы в ничтожно малом количестве [3].

В основу технологии положен метод контактного окисления железа и марганца кислородом воздуха в окислительной камере (биореакторе) и последующего фильтрования. Биореакторы серии "Кристалл-Б" представляют собой сооружения объемного типа с размещенными в них загрузками из синтетических материалов — капроновых текстурированных жгутовых нитей или плавающих полимерных гранул с высокоразвитой удельной поверхностью, системами подачи воды, воздуха и отвода осадка, оборудованными сифонными гидравтоматическими системами промывки загрузки. В верхней части биореактора расположена зона дегазации-аэрации исходной воды. В средней зоне биореактора находится специальная полимерная загрузка для интенсификации массообменных физико-химических и биологических процессов окисления железа, марганца и других соединений. Нижняя конусообразная зона биореактора служит для выделения, уплотнения и накопления избыточной биопленки и других продуктов окисления удаляемых веществ.

Конструктивно биореакторы "Кристалл-Б" могут быть выполнены в виде отдельных блоков, объединенных с фильтрами ФПЗ-1 или скорыми фильтрами с тяжелой загрузкой, а также быть совмещенными в одном корпусе с фильтрами большой грязеемкости с неоднородной плавающей загрузкой АФПЗ-4 [2]. К главным преимуществам плавающей фильтрующей загрузки можно отнести ее длительный срок эксплуатации и быстрый период восстановления, не требующий применения специального дополнительного оборудования.

В биореакторе обеспечиваются благоприятные условия для развития микрофлоры, ускоряющие жизнедеятельность бактерий, усиливается каталитическая активность ферментов микробной клетки.

Технологию очистки воды в биореакторе от соединений железа можно представить следующим образом. Исходная вода из скважин подается в верхнюю зону биореактора, где с помощью специальных устройств обеспечиваются интенсивная



аэрация и дегазация (удаляются диоксид углерода, сероводород, метан и другие). При этом существенно увеличивается значение окислительно-восстановительного потенциала, что способствует ускорению последующих окислительных процессов.

В центральной части биореактора на развитой поверхности загрузки образуется биопленка, состоящая из окисленных форм железа и железобактерий. Капроновая текстурированная нить гидрофобна, имеет отрицательный окислительно-восстановительный потенциал, развитую поверхность контакта, что приводит к интенсивному процессу сорбции на ней положительно заряженных ионов Fe^{2+} из обрабатываемой воды. В начальный период работы биореактора происходит "зарядка" загрузки, продолжительность которой зависит от качества исходной воды, технологических свойств загрузки (носителей микрофлоры), гидродинамических условий фильтрования и принятых методов аэрации воды и может составлять от 1—2 до 15—20 суток. С течением времени в результате адсорбции ионов Fe^{2+} поверхность загрузки получает некоторый положительный заряд, способствующий электростатическому задержанию отрицательно заряженных клеток микроорганизмов.

В результате протекания сложных каталитических физико-химических и биологических процессов в биореакторе происходит окисление основной массы двухвалентного железа и его удаление на 50...70 % в виде избыточной биопленки и других окисленных форм. Это снижает нагрузку на фильтр, увеличивает продолжительность его межрегенерационного периода и существенно сокращает расход промывной воды.

В нижней конусообразной зоне биореактора происходит выделение, уплотнение и накопление избыточной биопленки и других продуктов окисления удаляемых веществ. Структура образующегося осадка отличается высокой концентрацией, крупными хлопьями, хорошо сгущается и обезживается за счет процессов биофлокуляции и образования кристаллических форм оксигидрооксидов железа. Осадок из биореактора удаляется периодически (2—3 раза в месяц) по иловой трубе [2].

В биореакторе одновременно протекает несколько процессов: окисление соединений железа и марганца при участии железобактерий рода *Leptothrix* и *Sphaerotilus*, использующих в качестве источника углерода растворенные органические вещества; перевод части их в нерастворимый гидроксид железа, выполняющий функцию коагулянта, который способствует снижению цветности и перманганатной окисляемости обрабатываемой воды.

Преимущества данного метода обезжелезивания:

— обеспечивает наиболее устойчивую работу станции в широком диапазоне состава обрабаты-

ваемой воды, удаление растворенных газов (диоксида углерода, сероводорода, метана и др.), снижение окисляемости, цветности воды;

— все корпусные элементы и детали установки изготавливаются из полимерных материалов с гарантийным сроком эксплуатации не менее 30 лет;

— аэрационная система и полимерная загрузка обеспечивают интенсивные массообменные окислительные, физико-химические и биологические процессы, а также дегазацию и аэрацию обрабатываемой воды;

— самопромывающиеся фильтры с плавающей загрузкой не требуют устройства резервуаров для хранения промывной воды и использования специальных промывных насосов;

— простая и надежная система автоматики при минимальном количестве запорной арматуры обеспечивает промывку фильтров, работу насосов без постоянного обслуживающего персонала;

— экономичность работы станции обеспечивается длительным фильтроциклом (не менее 48 ч при исходной концентрации железа до 15 мг/л), коротким периодом промывки (не более 5 мин), низким давлением воды перед станцией (не более 1,0 кгс/см² (100 кПа));

— минимальные эксплуатационные затраты (отсутствие постоянно обслуживающего персонала, минимум потребления электроэнергии, объем промывных вод не превышает 1,0...1,2 % от производительности станции).

Недостаток метода биоочистки — относительно низкая скорость процесса, для обеспечения высокой производительности требуются большие габариты емкостных сооружений.

Экономические расчеты показывают, что для внедрения установки биореактора потребуется около 2,7 млн руб. со сроком окупаемости 6 лет. Наряду с экономическим эффектом при создании системы экологической безопасности достигается и социальный эффект, который не имеет количественного выражения и заключается в улучшении условий труда, экологической обстановки и качества подаваемой воды.

Список литературы

1. Журба М. Г., Говорова Ж. М., Квартенко А. Н., Говоров О. Б. Биохимическое обезжелезивание и деманганация подземных вод // Водоснабжение и санитарная техника. — 2006. — № 9. — Ч. 2.
2. Мушэ П., Герасимов Г. Н. Биологическая дифференциация воды: обоснование и реализация // Водоснабжение и санитарная техника. — 2006. — № 11. — Ч. 2.
3. Менча М. Н. Железобактерии в системах питьевого водоснабжения из подземных источников // Водоснабжение и санитарная техника. — 2006. — № 7.
4. Карюхина Т. А., Чурбанова И. Н. Контроль качества воды. — М.: Стройиздат, 1986.

УДК 504.05

Т. О. Перемитина, канд. техн. наук, науч. сотр., **Ю. М. Полищук**, д-р физ.-мат. наук, проф., гл. науч. сотр., Институт химии нефти СО РАН, г. Томск
E-mail: pto@ipc.tsc.ru

Оценка радиационного риска воздействия предприятий ядерного цикла на основе данных дендрохроноиндикации

Рассмотрены вопросы оценки радиационного риска воздействия предприятий ядерного цикла на состояние окружающей среды с использованием метода дендрохроноиндикации, позволяющего получать ретроспективную информацию об аккумуляции радионуклидов в древесине годичных колец деревьев. Анализ данных о содержании трития в сосновых деревьях проведен на основе комбинации метода главных компонент и геоинформационных технологий. Карты риска построены на примере территории в зоне воздействия Сибирского химического комбината в Томской области.

Ключевые слова: геоинформационные системы, дендрохроноиндикация, метод главных компонент, радиоактивное загрязнение, радиационный риск

Peremitina T. O., Polishchuk Yu. M.
Radiation risk evaluation of nuclear plant impact based on dendrochronoinduction data

Problems of modeling radioecological risk zones under impact of the nuclear plant are discussed. Risk evaluation is based on the dendrochronoinduction method which allows obtaining retrospective information on the accumulation of radioactive materials in the growth rings of the trees. Dendrochronoinduction data analysis was carried out on base of combination of principal component analysis and geoinformation system. Modeling the zones of radioecological risk based on the example of the Siberian chemical plant in the Tomsk region.

Keywords: geoinformation systems, dendrochronoinduction, principal components analysis, radioactive pollution, radioecological risk

1. Введение

Интенсивное развитие атомной промышленности и испытания ядерного и термоядерного оружия в пятидесятых—шестидесятых годах прошлого столетия как в России, так и в зарубежных странах [1] привели к выбросам и накоплению в биосфере большого количества радиоактивных веществ. Существенный вклад в повышение уровня глобального радиационного фона внесли аварии на предприятиях атомной промышленности. В настоящее время при разработке мер по снижению уровня воздействия ядерных объектов традиционно

используют нормативы радиационной безопасности. Более обоснованной оценкой воздействия радиационного загрязнения является радиационный (радиоэкологический) риск, рассматриваемый как вероятность возникновения неблагоприятных последствий в состоянии окружающей природной среды, условий проживания и здоровья населения под воздействием негативных факторов, связанных с деятельностью предприятий атомной промышленности.

Принято рассматривать три уровня экологического риска [2, 3]: пренебрежимый, приемлемый и неприемлемый. В соответствии с этими уровнями на исследуемых территориях могут быть выделены зоны пренебрежимого, приемлемого и неприемлемого рисков. Под пренебрежимым (незначительным) понимается такой уровень экологического риска, который не приводит к снижению безопасности жизнедеятельности, качества жизни населения и экономической деятельности на территории. В качестве приемлемого (существенного) рассматривают риск, с уровнем которого общество в целом готово мириться ради получения определенных благ и выгод в результате деятельности предприятий атомной промышленности. Приемлемый — это риск, уровень которого допустим или обоснован исходя из экономических или социальных соображений. Так, принято считать зоной приемлемого риска 30-километровую зону вокруг АЭС и других объектов ядерного цикла. Уровень неприемлемого (недопустимого) риска устанавливается как максимальный, выше которого уже необходимо принимать меры по его уменьшению.

В настоящей работе предлагается подход к оценке уровня радиоэкологического риска техногенных воздействий радиационного загрязнения окружающей среды, основанный на использовании данных дендрохроноиндикации. В настоящее время методические вопросы оценки радиационного риска с использованием данных дендрохроноиндикации не разработаны, что и определило цель данной работы. Предлагаемый подход к оценке радиационного риска воздействия радиоактивного загрязнения основан на анализе данных дендрохроноиндикации с применением метода главных компонент (МГК) и методов пространственного анализа средствами геоинформационных систем (ГИС) [4].



2. Методические вопросы дендрохроноиндикации радиоактивного загрязнения

Объектами дендрохроноиндикационного анализа были выбраны образцы вещества древесины годичных колец сосновых деревьев, произрастающих в зонах воздействия Сибирского химического комбината (СХК). По оценкам Западно-Сибирского территориального центра по мониторингу окружающей среды [5], СХК является основным источником радиоактивного загрязнения окружающей среды территории Томска и его окрестностей. Расположенный вблизи г. Томска, СХК был одним из крупнейших в мире предприятий по производству оружейного плутония. На его территории более трех десятилетий действовали пять промышленных реакторов, связанных с наработкой плутония. В 30-километровой зоне СХК расположены десятки населенных пунктов с населением более 600 тыс. человек, в том числе города Томск и Северск.

В пределах 30-километровой зоны для анализа использовано дерево на расстоянии 5 км от СХК (пункт 1 на рис. 1), за пределами указанной зоны для анализа были выбраны дерево в пос. Аникино (фоновый пункт 4 на рис. 1) и два дерева вблизи деревень Георгиевка и Наумовка (пункты 2 и 3 на рис. 1). Последние два пункта были "накрыты" облаком радиоактивного атмосферного выброса в результате аварии на радиохимическом заводе СХК в апреле 1993 г., когда образовалась зона радиоактивного загрязнения местности, протянувшаяся в северо-восточном направлении на несколько десятков километров. По данным Росгидромета,

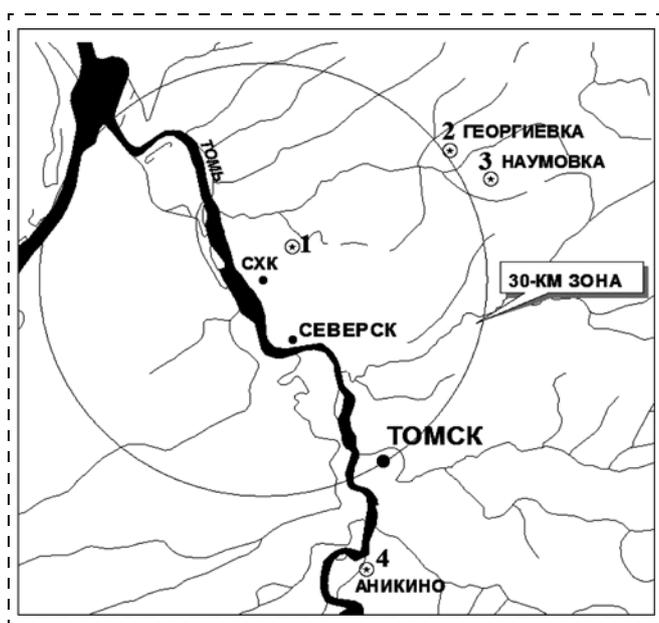


Рис. 1. Места отбора образцов исследования

Объекты дендрохроноиндикационного исследования

Номер	Расстояние до СХК, км	Место отбора, название сообщества
1	5	20-й км дороги Томск—Самусь, сосновый разнотравно-злаковый лес
2	32	4 км северо-восточнее дер. Георгиевка, сосновый лес
3	34	Дер. Наумовка, долина ручья, еловый лес
4	45	Фоновый район, пос. Аникино, сосновый лес

дромета, суммарное количество радиоактивных веществ, выброшенных из аварийного аппарата СХК на эту территорию, оценивается величиной от 530 до 590 Ки.

Для оценки радиационного риска использовались данные дендрохроноиндикации [6] об удельной активности трития в древесине годичных колец деревьев, произрастающих на разном удалении от реакторов СХК. Характеристика мест отбора образцов дана в таблице.

Применение методики дендрохроноиндикации позволило получить ретроспективные данные приблизительно за 40-летний период. В результате был получен многомерный массив данных, содержащий ретроспективную информацию о радиоактивном загрязнении окружающей среды в зоне воздействия СХК.

3. Методические вопросы анализа данных дендрохроноиндикации

Анализ массива данных дендрохроноиндикации выполнен методом главных компонент. На рис. 2 показаны средние значения и доверительные области для первых двух главных компонент, определенные для всех четырех деревьев (см. рис. 1). Расчеты доверительных интервалов проведены для доверительной вероятности 90 %. Использование графического представления в пространстве первых двух главных компонент для отображения результатов МГК-анализа данных позволяет достоверно определить, имеется ли статистически значимое различие (при заданной доверительной вероятности) между пространственно-разнесенными объектами дендрохроноиндикационного анализа.

Результаты анализа показывают, что максимальная активность трития оказалась у сосны 1, находящейся на расстоянии 5 км от реакторов СХК. Значительно меньшее количество трития накопили деревья 2 и 3 в районах деревень Георгиевка и Наумовка, а дерево 4 на окраине пос. Аникино показывает активность трития существенно

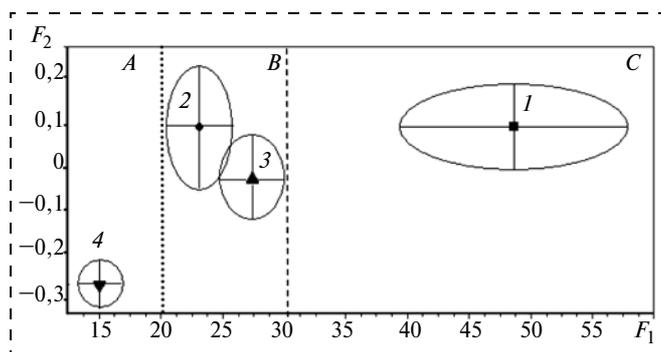


Рис. 2. Представление результатов МГК — анализа данных о содержании трития в древесине годичных колец сосен в зоне воздействия СХК

меньшую, чем в двух предыдущих случаях. Первая главная компонента (F_1) описывает более 99 % общей дисперсии, что позволяет далее рассматривать только эту главную компоненту.

Согласно рис. 2 можно выделить три диапазона значений первой главной компоненты: диапазон А соответствует минимальным значениям $F_1 \in [10...20]$ (фоновый пункт 4), диапазон В — значениям $F_1 \in [21...30]$ для пунктов 2 и 3, диапазон С — максимальным значениям $F_1 \in [31...57]$ (пункт 1). Отме-

тим, что доверительные области для пунктов 2 и 3 частично перекрываются, что можно интерпретировать как близость уровней загрязнения деревьев в этих пунктах. Более того, они находятся в одном диапазоне В. Поэтому в дальнейшем для удобства анализа данные дендрохроноиндикации для пунктов 2 и 3 будем объединять.

Рассмотрим результаты анализа временных изменений значений первой главной компоненты для деревьев из зоны влияния СХК. На рис. 3 приведены графики временной зависимости F_1 о содержании трития в четырех деревьях, находящихся на разном удалении от СХК. Как видно из рис. 3, а, б и в значение F_1 , относящееся к 1993 г. (аварийному), обнаруживает заметный рост. Действительно, образцы 1, 2, 3 соответствуют направлению аварийного выброса СХК в 1993 г. На графике (см. рис. 3, г) значение F_1 для 1993 г. практически не выделяется, что может служить подтверждением правильности выбора фоновой территории в районе пос. Аникино (образец 4). Повышенное содержание трития в древесине годичных колец в 1960—1970 гг. во всех образцах, по-видимому, связано с увеличением выбросов трития в процессе работы производств СХК в условиях практически полного отсутствия в указанный период систем радиэкологического мониторинга окружающей среды.

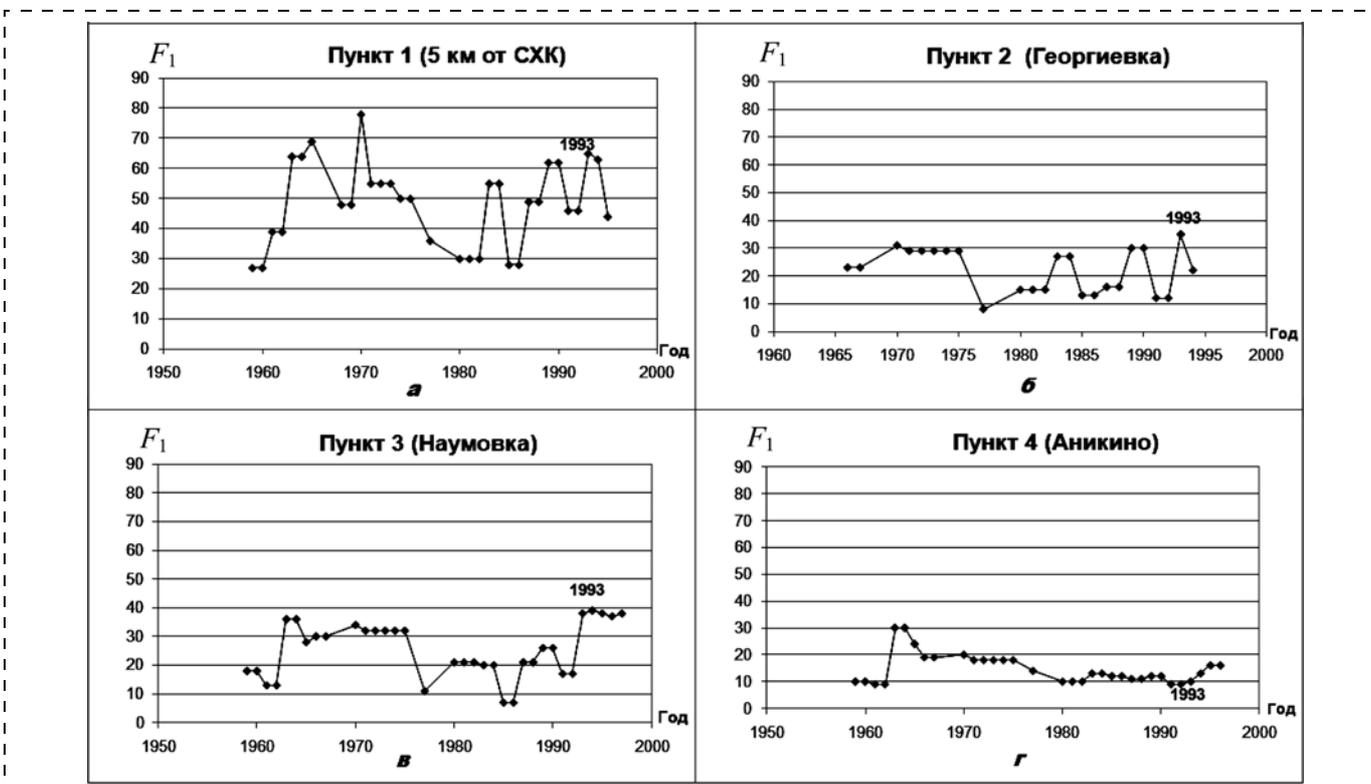


Рис. 3. График временной зависимости первой главной компоненты для СХК

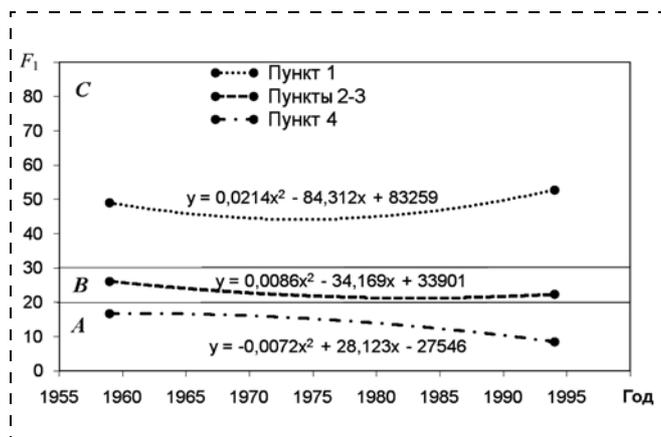


Рис. 4. Аппроксимации временной зависимости первой главной компоненты

Действительно, авария на СХК в апреле 1993 г. была официально зарегистрирована. Информация о предшествующих авариях на СХК, насколько известно, не была доступна общественности. Как видно из графика на рис. 3, а, в период между 1980 и 1990 г. можно предполагать, по крайней мере, не менее двух заметных аварийных ситуаций, что подтверждают и графики на рис. 3, б и 3, в.

Графики на рис. 3 являются иллюстрацией высокой информативности первой главной компоненты F_1 о радиационном загрязнении территории. Следовательно, компонента F_1 может быть использована для оценивания уровня радиационного риска, обусловленного воздействием ядерного объекта на окружающую среду.

На рис. 4 приведены графики полиномиальной аппроксимации временных зависимостей F_1 (см. рис. 3) для исследуемых деревьев в разных диапазонах значений F_1 , где диапазон А представлен данными для фонового пункта 4, диапазон В — усредненными значениями F_1 для пунктов 2 и 3, диапазон С — значениями F_1 для пункта 1. Как видно из рис. 4, изменения значений F_1 в каждом из трех диапазонов не выходят за границы этих диапазонов. Поэтому, переходя к пространственному представлению результатов МГК-анализа данных дендрохроноиндикации, границы этих диапазонов при отображении их на географической карте можно интерпретировать как границы зон разного уровня радиационного риска. Так, диапазоны А, В и С будут определять соответственно зоны уровней пренебрежимого, приемлемого и неприемлемого радиационного риска.

4. Методические вопросы выявления зон разного уровня радиационного риска

С точки зрения выявления зон радиационного риска одной из важных особенностей решения задачи является то, что объекты исследования относятся к числу пространственных. Пространственными принято считать те объекты, для анализа которых важен учет их расположения, важны их геометрическая форма (полигон, линия, точка) и их взаиморасположение с другими пространственными объектами исследования. В данной работе для учета пространственных свойств объектов исследования использовали географические информационные системы, позволяющие отображать объекты исследования на цифровых картах. При этом определение границ зон разного уровня риска может быть осуществлено с учетом принадлежности пунктов отбора образцов разным диапазонам изменения значения F_1 , показанным на рис. 4.

Однако малое число пунктов отбора образцов в отдельных диапазонах (в рассматриваемом случае лишь 1—2 пункта в каждом диапазоне) делает процедуру определения границ зон риска крайне затруднительной, что приводит к необходимости привлечения априорной информации. Точечный характер объекта воздействия позволяет использовать априорную информацию о форме границ зон риска. Так как радиоактивное загрязнение территории обусловлено рассеиванием радионуклидов в атмосфере, форму границ зон радиоактивного загрязнения можно определить на основе методики геоимитационного моделирования зон рассеивания загрязнителей в атмосфере, предложенной в работе [7]. Пользуясь этой методикой, можно определить форму границ зон риска, а размеры и взаимное расположение зон пренебрежимого, приемлемого и неприемлемого риска будем определять исходя из результатов МГК-анализа данных дендрохроноиндикации, т. е. на основе учета принадлежности пунктов отбора образцов к указанным выше диапазонам А, В и С.

Согласно методике [7] под геоимитационной моделью зоны рассеивания веществ в атмосфере понимается математическая модель, воспроизводящая процесс формирования областей повышенной концентрации загрязняющих веществ в атмосфере в результате выбросов химических веществ. При этом оценка воздействия загрязнения атмосферы на окружающую среду производится путем имитационных экспериментов с моделью, выполняемых по определенным сценариям. Результаты геоимитационного моделирования представляются границами в виде зон (рис. 5), внутри которых уровень загрязнения атмосферы Q превышает некоторое пороговое значение Q_0 . Величина этого

порогового значения зависит в общем случае как от объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, так и от розы ветров.

Результаты зонирования по уровню радиационного риска территории, примыкающей к стационарному источнику радиационного загрязнения, представлены на рис. 6. Согласно изложенному выше зона неприемлемого риска, обозначенная на рис. 6 штрихпунктирным контуром и включающая

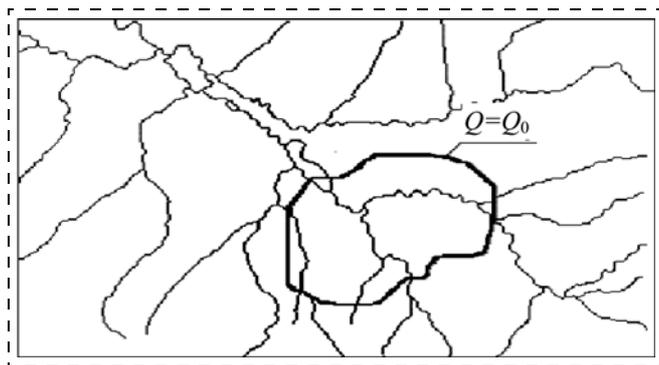


Рис. 5. Зона загрязнения атмосферы

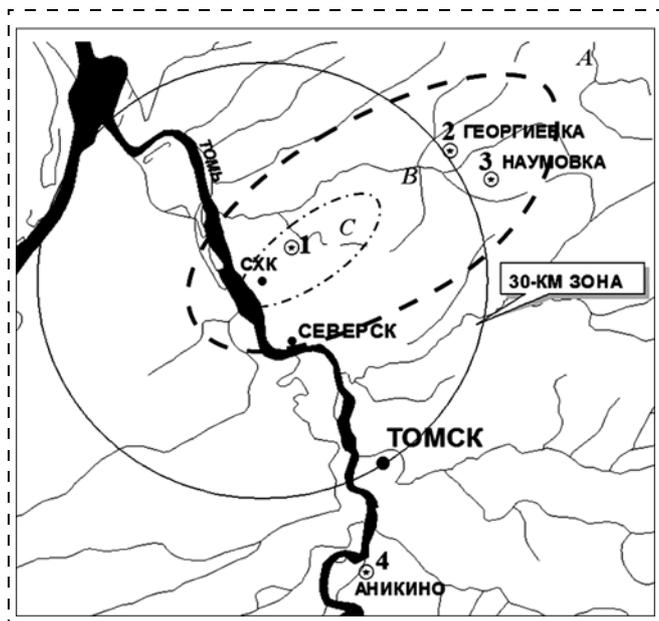


Рис. 6. Зоны радиологического риска

пункт 1, соответствует диапазону С. Зона приемлемого риска, обозначенная пунктирной линией и включающая пункты 2 и 3, соответствует диапазону В. Область за пределами границ зоны приемлемого риска представляет зону пренебрежимого риска А, в которую входит фоновый пункт 4. Картографирование зон разного уровня экологического риска (см. рис. 6) осуществлялось средствами геоинформационной системы ArcView 3.2. Заметим, что учет розы ветров при моделировании зон риска определяет вытянутость границ зон риска в направлении преобладающих ветров на исследуемой территории.

На рис. 6 показана граница 30-километровой зоны для СХК как объекта радиационного воздействия на окружающую среду рассматриваемой территории. Как видно на рисунке, пункты 2 и 3 (деревни Георгиевка и Наумовка) с заметной активностью трития находятся за пределами 30-километровой зоны, но входят в зону приемлемого риска.

Таким образом, предлагаемый подход к определению зон разного уровня радиационного риска воздействия на основе данных дендрохроноиндикации позволяет более объективно картографировать зоны риска для определения воздействия предприятий ядерного цикла на окружающую среду.

Список литературы

1. Булатов В. И. Россия радиоактивная. — Новосибирск: ЦЭРИС, 1996. — 272 с.
2. Осипова Н. А. Техногенные системы и экологический риск. — Томск: Изд-во ТПУ, 2005. — 112 с.
3. Быков А. А., Порфирьев Б. Н. Об анализе риска, концепциях и классификациях рисков // Проблемы анализа риска. — 2006. — № 4. — С. 319—337.
4. Перемитина Т. О. Программный комплекс для анализа многомерных данных на основе сочетания метода главных компонент и геоинформационных технологий // Информационные технологии. — 2005. — № 5. — С. 40—43.
5. Состояние окружающей среды и здоровье население в зоне влияния Сибирского химического комбината // Аналитический обзор. — Томск: Госкомитет экологии и природных ресурсов Томской области, 1997. — 123 с.
6. Пушкарёв А. В., Несветайло В. Д., Приймаченко В. М. // Сб. науч. тр. Института геохимии окружающей среды НАН Украины. — Киев, 2001. — С. 104—117.
7. Полищук Ю. М., Токарева О. С. Геоимитационное моделирование зон атмосферного загрязнения в результате сжигания газа на нефтяных месторождениях // Информационные системы и технологии. — 2010. — № 2. — С. 39—46.

УДК 658.567

М. Э. Бутовский, канд. хим. наук, доц., Рубцовский индустриальный институт
E-mail: butovm@mail.ru

Современные технологии извлечения ртути из ртутьсодержащих отходов

Приведены сравнительные характеристики установок для демеркуризации ртутьсодержащих отходов, в основном отработанных люминесцентных ламп, и установок по извлечению ртути. Показаны преимущества установки ООО "НПП Экотром".

Ключевые слова: ртуть, демеркуризация, отходы, люминесцентные лампы, люминофор, стеклобой

Butovski M. E. *Modern technologies extraction of mercury from mercurial waste*

Presents the comparative characteristics demercurization mercury waste, mostly spent fluorescent lamps, and installing for removing mercury. Presents advantage installing ООО "NPP Ekotrom".

Keywords: mercury, demercurization, waste, fluorescent lamps, luminophore, glass

Среди всех видов промышленных отходов существенная часть из них может быть отнесена к ртутьсодержащим отходам (PCO).

Согласно Федеральному классификационному каталогу отходов (ФККО) к числу PCO относятся следующие отходы металлов и сплавов I класса опасности:

353 30000 13011 — изделия, устройства, приборы, потерявшие потребительские свойства, содержащие ртуть;

353 30100 13011 — ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные и брак;

353 30200 13011 — ртутные вентили (игнитроны и иное), отработанные и брак;

353 30300 13011 — ртутные термометры отработанные и брак.

В настоящее время проблема извлечения ртути из PCO продолжает оставаться актуальной повсеместно, учитывая тот факт, что в стране постоянно увеличивается потребление энергосберегающих ламп, как известно, содержащих ртуть.

Токсическое действие паров ртути на человека известно давно и детально исследовано многими учеными [1–16]. Случаи попадания ртути в окружающую среду сводятся, как правило, к ликвида-

ции возникших чрезвычайных ситуаций. При этом применяются апробированные методы демеркуризации [17], и извлечь металлическую ртуть уже невозможно, так как образуются различные химические соединения ртути.

Гораздо менее известны на сегодняшний день технологии извлечения ртути из PCO, особенно в городских поселениях, где идет постоянное образование PCO за счет выхода из строя светотехнических приборов. Определенную роль здесь играет и экономика процесса извлечения ртути. Стоимость 1 кг ртути приведена в табл. 1.

В работе В. М. Залетина [18] сделана попытка оценить масштабы формирования PCO на территории России, образующиеся в результате производственной и бытовой деятельности человека. В настоящее время в стране одновременно эксплуатируются не менее 140 млн светильников с ртутными лампами низкого давления (преимущественно с трубчатыми люминесцентными) и около 13 млн светильников с ртутными лампами высокого давления.

Ртуть, входящая в состав ламп (табл. 2, 3), является опасным веществом и занимает одно из первых мест в списках веществ, загрязняющих окружающую среду [19]. Поэтому во многих странах мира уделяется особое внимание созданию специальной системы утилизации PCO, при которой последние изымаются из общего потока отходов и перерабатываются на специальных производствах [20]. Раздельная переработка PCO не только способствует снижению уровня загрязнения среды обитания ртутью, но и увеличивает экологическую безопасность и экономическую эффек-

Таблица 1

Ориентировочная цена ртути

Нелетучий остаток, %, не более	Марка ртути	ГОСТ, ТУ	Массовая доля ртути, %	Цена за 1 кг, долл. США
0,0008	P0	4658–73	99,9997	21...25
0,001	P1	4658–73	99,999	16...18
0,01	P2	4658–73	99,99	15,5...17
0,1	P10 ⁻⁵	ТУОС418-5	99,99999	65...75
0,0004	P10 ⁻⁶	ТУОС418-6	99,999996	95...105

Таблица 2

Содержание ртути в разных типах отечественных ламп

Группа ламп	Количество ртути в лампе, мг
Люминесцентные компактные	5
Люминесцентные (трубчатые)	40...65 (в среднем 52)
Натриевые высокого давления	30...50
Металлогалогенные	40...60
Высокого давления (ДРТ)	50...600
Высокого давления (ДРЛ)	75...350
Неоновые трубки	Не менее 10

Таблица 3

Содержание ртути в лампах зарубежного производства

Группа ламп	Количество ртути в лампе, мг
Люминесцентные (трубчатые)	10
Компактные люминесцентные	5
Высокого давления	30
Металлогалогенные	25
Натриевые высокого давления	30
Неоновые трубки	10

тивность известных способов утилизации основной массы отходов, образующихся в городах.

В России отработанные ртутные лампы относятся к опасным отходам и подлежат обезвреживанию и переработке с использованием соответствующих технологий [21]. В ряде регионов и городов страны местными органами исполнительной власти приняты нормативные акты, определяющие необходимость селективного сбора и последующей переработки вышедших из строя ртутных ламп и других видов РСО [22].

В России ежегодно выходят из строя не менее 72 млн ртутных ламп, подавляющую часть которых составляют трубчатые люминесцентные лампы (ЛЛ) низкого давления, содержащие около 4 т ртути. По сути — это техногенное сырье.

Из указанного количества изделий в целом по стране ежегодно перерабатывается не более 40 %, что обусловлено отсутствием во многих регионах и городах России соответствующей системы сбора отработанных ламп и необходимых для их обезвреживания высокопроизводительных и экологически безопасных технологий. Исключение составляют лишь некоторые регионы России, прежде всего г. Москва и Московская область, где перерабатывается порядка 8...8,5 млн ламп/год (~80 % от ежегодно используемых изделий). Такая ситуация определяется действенным функционированием в Московском регионе системы сбора и переработки отработанных ртутных ламп, основная масса которых обезвреживается в ООО "НПП Экотром". Здесь разработана эффективная вибропневматиче-

ская технология утилизации ламп и на ее основе (в порядке реализации патентов РФ на изобретения № 20550051 и № 2185256) создана высокопроизводительная установка "Экотром-2", принципиально отличающаяся от известных отечественных установок демеркуризации ламп и не уступающая лучшим зарубежным аналогам [20, 24].

Как известно [21, 25, 26], в настоящее время большинство отечественных демеркуризационных предприятий России оснащены установками, в основу которых положены термический или термовакуумный способы переработки использованных (отработанных) ртутных ламп. В редких случаях применяются малоэффективная модификация гидрометаллургического способа и некоторые другие приемы, которые, в сущности, лишь имитируют процесс обезвреживания опасных отходов, к которым относятся отработанные ртутные лампы. Так, например, в Узбекистане разработана и эксплуатируется установка фирмы ООО "ASP Selta", где с помощью термохимического способа извлекается и связывается ртуть. Таким образом, удастся отработанные ЛЛ разделить на стеклобой, цоколь и ртутно-люминофорный шлам.

Рассмотрим установку УРЛ-2м (в дальнейшем установка), предназначенную для термической демеркуризации (удаления ртути) из люминесцентных ламп всех типов, а также горелок ртутных ламп высокого давления типа ДРЛ (табл. 4). Оставшийся после удаления ртути стеклобой может использоваться в засыпку при производстве строительных и дорожных работ или подлежит утилизации на полигоне твердых бытовых отходов или промышленных отходов (4-й класс опасности отходов). Сортировка, сбор и полная утилизация всех видов отходов переработки ламп (стекла, люминофора, алюминия, вольфрама) на данной ус-

Таблица 4

Техническая характеристика установки УРЛ-2м

Характеристика	Показатель
Время выхода на режим	1 ч
Производительность	До 200 ламп/ч и 8000 горелок ДРЛ/смену (8 ч)
Размеры обрабатываемых ламп	До 1600 мм
Температура демеркуризации	До 450 °С
Остаточное содержание ртути (не более)	В отходящих газах — 0,0003 мг/м ³ , в стеклобое — 2,1 мг/кг
Габаритные размеры (высота × ширина × длина)	1900 × 1280 × 2100 мм
Масса	720 кг
Максимальная потребляемая электрическая мощность	Не более 15 кВт
Средняя потребляемая электрическая мощность	8 кВт



тановке не предусмотрена. Установка может также использоваться для утилизации РСО промышленного производства: вышедших из строя приборов с ртутным наполнением (термометров, игнитронов и пр.), а также загрязненных ртутью строительных материалов (штукатурки) и содержащих ртуть золотых шлихов и пород, а также загрязненного ртутью металлолома.

Для охлаждения рубашки высоковакуумного паромасляного насоса и узла уплотнения механизма разрушения ламп используется техническая вода с расходом 1 л/мин. Вода не контактирует с внутренним объемом установки и принципиально не может загрязняться ртутью. Конструкция системы охлаждения установки позволяет при отсутствии централизованной системы технического водоснабжения применять замкнутую систему водоснабжения на базе стационарной емкости (1...2 м³) и циркуляционного насоса.

Принцип действия установки основан на сильной зависимости давления насыщенного пара ртути от температуры. Обрабатываемые лампы разрушаются в камере установки, нагреваются до температуры быстрого испарения ртути, а пары ртути откачиваются вакуумной системой установки через низкотемпературную ловушку (НТЛ), на поверхности которой происходит конденсация ртути, стекающей в сборник в виде жидкого металла после размораживания ловушки.

Для вакуумной дистилляции (отгонки) паров металла в условиях вакуума достаточно достичь давления насыщенных паров 1,8 мм рт. ст. Для ртути такое давление насыщенных паров достигается при температуре 130 °С. Скорость испарения металлической ртути при этой температуре равна 0,04 г/см²/с. Это значит, что содержащаяся в одной лампе ртуть (порядка 60 мг) испаряется при температуре 130 °С за несколько секунд.

При рабочей температуре НТЛ (-196 °С) достаточно одного соударения для фиксации атома ртути на поверхности НТЛ. Заложенный в установке УРЛ-2м принцип улавливания ртутных паров запатентован (патент РФ 1838440) и является отличительной особенностью установки.

Для обеспечения высокой экологической эффективности процесса демеркуризации нужно вести его при вакууме (разрежении) 0,01...0,001 мм рт. ст. в районе НТЛ.

Несмотря на определенные достоинства термических и термовакuumных способов и на декларируемые их разработчиками "высокую скорость и эффективность процесса демеркуризации, низкую остаточную концентрацию ртути в выхлопных газах, экологическую чистоту технологического процесса и установок в целом", последние, тем не ме-

нее, достаточно сложны в эксплуатации, энергоемки, требуют высоких температур, надежных систем сорбции ртути из отходящих газов, не исключают вероятности поступления в атмосферу газов, содержащих ртуть и другие загрязняющие вещества, включая токсичные органические соединения, что определяет вероятность негативного воздействия паров ртути и других вредных факторов на рабочих и обуславливает возможность формирования локальных зон загрязнения в окружающей среде. Анализ имеющихся материалов показывает [25], что недостатком указанных технологий и соответствующих установок является также образование в ходе демеркуризации множества конечных продуктов, между которыми в той или иной мере распределяется ртуть, содержащаяся в лампах.

Исследования, выполненные в последнее время за рубежом и в России, в том числе в ООО "НПП Экотром", показали, что не менее 95...97 % ртути в лампе, бывшей в эксплуатации, связано с люминофором и лишь 3...5 % со стеклом и прочими ее деталями [25, 27, 28]. Установлено, что люминофор в отработанной лампе является своеобразным барьером для ртути и депонирует ее в разнообразных формах, определенная часть из которых достаточно прочно связывается его веществом и способно эмитировать из люминофора лишь при очень высоких температурах (> 450 °С), использование которых в термических и термовакuumных установках технологически невозможно. Такое поведение ртути объясняется электрохимическими эффектами и наличием плазмы "ртуть/разряженный газ" в колбе работающей лампы. Эти исследования были положены в основу разработки принципиально новых способов обезвреживания ЛЛ, основанных на использовании "сухих" и "холодных" технологических процессов, главной целью которых является максимально полное выделение из лампы люминофора — основного носителя ртути. Так, известная шведская фирма "MRT system" разработала установку переработки люминесцентных ламп, которая сейчас широко используется в США, ряде европейских стран, Японии, Южной Кореи. Технология переработки использованных ламп, предложенная этой фирмой, основана на холодном и сухом процессе дробления и сепарации их в системе с пониженным давлением.

Перерабатываемая лампа разделяется на "чистое" стекло, алюминиевые цоколи, стеклянную смесь, содержащую металлические частицы, а также на содержащий ртуть люминофор, который накапливается в особых емкостях (затем из него в специальных дистилляторах получают металлическую ртуть).

Не менее известны разработки американской фирмы "DYTEK", автоматизированное устройство

которой по переработке люминесцентных ламп ("DYTEK-3600") считается одним из лучших в мире. Принципы действия его практически те же самые — лампа дробится в герметичных условиях на три компонента: металлические детали и изоляция; ртутьсодержащий люминофор (из которого в специальном блоке-реторте получают вторичную ртуть); "чистое" стекло. Устройство снабжено системой рециркуляции условий вакуума, что минимизирует количество воздуха в рабочем процессоре, а отходящий воздух подвергается многоступенчатой очистке.

Подход, основанный на ведущей роли люминофора в концентрировании ртути, присутствующей в утилизируемой лампе, был использован и специалистами ООО "НПП Экотром", которые разработали оригинальную вибропневматическую технологию переработки ЛЛ [20, 24]. Эта технология, реализованная в установке "Экотром-2", также базируется на холодном и сухом процессе дробления и сепарации изделий в системе с пониженным давлением, которое создается специальным компрессором. Перерабатываемая лампа разделяется на металлические цоколи, стеклянную смесь (стеклобой) и ртутьсодержащий люминофор.

Вибропневматическая установка "Экотром-2" состоит из двух основных блоков: устройства разделения ламп (узел загрузки, пневмовибрационный сепаратор с дробилкой, циклон) и многоступенчатой системы очистки отходящих газов, включающей рукавный фильтр, адсорберы, газодувку с компрессором.

Компрессор создает в установке разрежение (от 5...8 кПа в зоне загрузки ламп до 19...23 кПа перед газодувкой), что практически исключает вероятность пылегазовых выбросов в производственное помещение. Как уже сказано выше, установка оборудована последовательной системой очистки пылегазовых выбросов, включающей циклон (эффективность очистки 95...97 %), рукавные фильтры (99,96 %), рабочий адсорбер (с активированным углем), что позволяет практически полностью улавливать пыль люминофора и снизить содержание ртути в отходящих газах до уровня менее 0,0001 мг/м³.

Переработка ЛЛ на установке "Экотром-2" осуществляется следующим образом. Лампы, поступающие на предприятие в специальных контейнерах (на которые имеется санитарно-эпидемиологическое заключение [29]), направляются в узел загрузки. Затем они через ускорительную трубку за счет существующего в установке высокого разряжения непрерывно подаются в сепаратор, где измельчаются до крупности стекла менее 8 мм. Цоколи отделяются от стекла на вибрирующей ре-

шетке и поступают в специальный сборник (технологический контейнер), который после заполнения направляется в демеркуризационно-отжиговую электрическую печь, где цоколи демеркуризируются. Отходящие газы указанной печи отводятся в существующую систему очистки.

Отделение от стекла люминофора производится за счет его выдувания в противоточно движущейся системе "стеклобой—воздух" в условиях вибрации. Очищенный от люминофора стеклобой поступает в бункер-накопитель. Основная масса люминофора (95...97 %) улавливается в циклоне и аккумулируется в удобных для транспортировки металлических емкостях-бочках с полиэтиленовым мешком-вкладышем и герметичной крышкой. Не уловленный в циклоне люминофор осаждается в приемнике рукавного фильтра и затем упаковывается в такие же емкости. Ртутьсодержащий люминофор отправляется на переработку на специализированные предприятия (для получения металлической ртути). Очищенные от ртути стеклобой и цоколи используются как вторичное сырье.

В ООО "НПП Экотром" разработана также технология получения цементно-люминофорных блоков с последующей их упаковкой в специальную тару из полиэтилена. По заключению НИИ экологии человека и гигиены окружающей среды им. А. Н. Сысина, расфасовка цементно-люминофорных блоков в полиэтиленовые мешки является безопасным и эффективным способом предупреждения поступления ртути в среду обитания, а указанные блоки при необходимости могут транспортироваться на значительные расстояния.

Балансовые расчеты показывают, что установка "Экотром-2" позволяет вместе с люминофором извлекать из каждой лампы не менее 95...97 % содержащейся в ней ртути. Подавляющая часть оставшейся ртути аккумулируется в рабочем адсорбере на активированном угле, импрегнированном серой.

При ежегодной переработке на установке 6 млн ламп образуется около 90 т содержащего ртуть (2600...3000 г/т) люминофора, около 25 т металлических цоколей и примерно 1385 т стеклобоя (в которых содержание ртути существенно ниже 2,1 мг/кг), а также 0,5 т отработанного активированного угля (содержит 14...15 кг ртути).

Известна также установка демеркуризации модульная УДМ-3000, в состав которой входят следующие основные узлы:

— станок виброформовочный для стеклобетонных блоков размером 380 × 190 × 190 мм. В качестве наполнителя используется демеркуризованный стеклобой по ТУ 574-012-232981136-96;

— транспортный контейнер ТК-1600 предназначен для транспортировки и хранения вышедших



из строя ртутьсодержащих ламп и ртутных отходов (вместимость контейнера 350 ламп типа ЛБ);

— камера прососа предназначена для удаления остаточных паров ртути из контейнера ТК-1600 после снятия его с установки УДМ-3000;

— сепаратор для отделения цоколей ЛЛ от стеклобоя предназначен для отделения металлических цоколей от демеркуризованного стеклобоя;

— фильтровентиляционный модуль для очистки воздуха помещений от паров ртути предназначен для очистки воздуха от паров ртути в помещениях, где производится работа с ртутью (содержание ртути в воздухе после очистки 0,0003 мг/м³).

Полученная металлическая ртуть может быть использована в разных целях. Одна из них — получение пломбировочной амальгамы в стоматологических целях, подробно описанная в работе [30].

Список литературы

1. **Трахтенберг И. М.** Хронические воздействия ртути на организм (Современный аспект проблем меркуриализма и его профилактика). — Киев: Здоровье, 1969. — 392 с.
2. **Яворовская С. Ф.** Меры профилактики при работе со ртутью. — М.: Медицина, 1967. — 28 с.
3. **Дрогичина Э. А., Садчикова М. Н.** Интоксикация ртутью и ее органическими соединениями (клиника, диагностика, лечение, профилактика и экспертиза трудоспособности). — М.: Медицина, 1966. — 102 с.
4. **Хибин Л. С.** Состояние желудка при хронической интоксикации ртутью и марганцем: Автореф. дисс. канд. мед. наук. — Калинин, 1969. — 18 с.
5. **Розенберг Е. Е.** Экспериментальное исследование профилактического и терапевтического действия сукцимера при ртутной интоксикации: Автореф. дисс. канд. мед. наук. — Свердловск, 1970. — 23 с.
6. **Ободчук Г. С.** Некоторые биохимические изменения в организме при меркуриализме и влияние на них глютаминовой кислоты: Автореф. дисс. канд. мед. наук. — Ужгород, 1970. — 20 с.
7. **Кулик Г. И.** К вопросу об индивидуальной профилактике ртутных интоксикаций: Автореф. дисс. канд. мед. наук. — Харьков, 1961. — 14 с.
8. **Песков Д. Д.** Количественное изменение сульфидрильных групп белков и низкомолекулярных тиоловых соединений в органах животных под влиянием витамина В₁₂ и фолиевой кислоты при ртутной интоксикации: Автореф. дисс. канд. мед. наук. — Рязань. — 1971. — 22 с.
9. **Фомичева Л. В.** Состояние органа зрения в условиях хронического воздействия паров ртути и антидотной терапии при профессиональном меркуриализме: Автореф. дисс. канд. мед. наук. — Ленинград, 1973. — 20 с.
10. **Охапкин А. С.** Психические нарушения при хронической ртутной интоксикации: Автореф. дисс. канд. мед. наук. — Ленинград, 1971. — 17 с.
11. **Гаглоева Э. М.** Влияние эптерального введения природного минерала РСО — Алания Ирлит-1 на почечные эффекты хлорида ртути, распределение и динамику выведения ртути из организма в эксперименте: Автореф. дисс. канд. мед. наук. — Владикавказ, 2008. — 22 с.
12. **Трахтенберг И. М.** Микромеркуриализм как гигиеническая проблема (вопросы гигиены труда, экспериментальной токсикологии и профилактики): Автореф. дисс. канд. мед. наук. — Киев, 1964. — 44 с.
13. **Фодерман В. М.** Профессиональные поражения верхних дыхательных путей и их профилактика у горнорабочих ртутных месторождений: Автореф. дисс. канд. мед. наук. — Донецк, 1965. — 23 с.
14. **Колганов В. И.** Проявления хронического действия ртути у научных работников и инженеров научно-исследовательского института: Автореф. дисс. канд. мед. наук. — Ленинград, 1969. — 25 с.
15. **Соннов Ю. Г.** Вопросы гигиены труда при производстве ртутных медицинских термометров: Автореф. дисс. канд. мед. наук. — Москва, 1973. — 33 с.
16. **Гурачев В. В.** Изменение функций коры надпочечников при хронической ртутной интоксикации: Автореф. дисс. канд. мед. наук. — Ленинград, 1970. — 17 с.
17. **Постановление** Главного Государственного санитарного врача Российской Федерации от 18 апреля 2001 г. № 18 "О нарушении санитарного законодательства при обращении с отходами производства и потребления".
18. **Залетин В. М.** Формирование ртутьсодержащих отходов на территории России // Экология и промышленность России. — 2003. — Июль. — С. 27—30.
19. **Критерии** санитарно-гигиенического состояния окружающей среды. Вып. 1. Ртуть: Пер. с англ. — Женева-Москва: ВОЗ-Медицина, 1979. — 149 с.
20. **Патент** на изобретение № 2185256 от 20 июля 2002 г. "Способ переработки отработанных люминесцентных ламп и вибрационная установка для его осуществления".
21. **Янин Е. П.** Экологические аспекты производства и использования ртутных ламп. — М.: Диалог-МГУ, 1998. — 41 с.
22. **Временные** правила обращения с ртутьсодержащими отходами на территории Республики Марий-Эл/Утв. Постановлением Правительства Республики Марий-Эл от 11.09.2007. № 223, 6 с.
23. **Risk to health and the Environment Related to Use of Mercury Products. Final Report, prepared for The European Commission, DG Enterprise by Risk & Policy Analysts Limited, London, 2002. — 119 p.**
24. **Патент** на изобретение № 2050051 от 10 декабря 1995 г. "Устройство для утилизации люминесцентных ламп".
25. **Косорукова Н. В., Янин Е. П.** Утилизация отходов ртутьсодержащих изделий: состояние и проблемы // Светотехника. — 2002. — № 3. — С. 25—29.
26. **Ртуть.** Комплексная система безопасности // Сборник материалов науч.-техн. конф. — СПб., 1996. — 104 с.
27. **Макарченко Г. В., Косорукова Н. В., Волох А. А.** Демеркуризация объектов городской среды // Эколого-геохимические проблемы ртути. — М.: ИМГРЭ, 2000. — С. 153—160.
28. **Doughty D. A., Wilson R. H., Thaler E. G.** Mercury-glass interaction in fluorescent lamps // J. Electrochem. Soc. — 1995. — V. 142. — N 10. — P. 3542—3551.
29. **Свидетельство** на полезную модель № 26226 от 4 апреля 2001 г. "Контейнер для сбора и транспортировки отработанных люминесцентных ламп".
30. **Бутовский М. Э., Харевич О. Н.** Металлические пломбировочные материалы. — Рубцовск: РИО, 2001. — 180 с.
31. **ГОСТ Р 52105—2003.** Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения.

УДК 502.3

А. П. Зиновьев, д-р техн. наук, проф., **С. А. Зиновьев**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., Уфимский государственный нефтяной технический университет, **Г. И. Рыжов**, канд. техн. наук, доц., Уфимский государственный авиационный технический университет, **И. Г. Рыжов**, студ., Московский государственный университет приборостроения и информатики
E-mail: rgi_home@mail.ru

Промышленная и экологическая безопасность нефтехимических технологических установок при техногенных авариях и природных катастрофах

Предлагаемая статья посвящена актуальным вопросам экологии нефтепереработки, нефтехимии при техногенных и природных катастрофах. Приведены примеры управления и регулирования промышленной и экологической безопасности технологического оборудования и резервуаров товарного парка со светлым пожаровзрывоопасным продуктом.

Ключевые слова: природные и техногенные катастрофы, аварии, безопасность, взрывы, пожары, промышленная и экологическая безопасность

Zinoviev A. P., Zinoviev S. A., Rizhov G. I., Rizhov I. G. Industrial and ecological security of oil — processing units in case of a technical accident or a natural catastrophe

The article deals with urgent problems of the ecology of oil processing and petro chemistry in case of a technical accident or a natural catastrophe.

It presents some examples of monitoring and regulating industrial and ecological security of technological equipment and reservoirs of stock tanks containing light flammable product.

Keywords: natural and technogenic catastrophe, an accident, an security, safety explosions, fires, industrial and ecological security

Для последних десятилетий характерен всплеск аварий, связанных с техногенными и природными нарушениями. Анализ аварийных ситуаций [1, 2] показывает, что наиболее часто последствия аварий связаны с утечками и разливами легковоспламеняющихся жидкостей и ядовитых веществ.

При природных катастрофах и техногенных авариях происходят природно-техногенные чрезвычайные ситуации, которые приводят к разрушению зданий производственных цехов и технологического оборудования. Так, при техногенных авариях и природных катастрофах (землетрясения, лесные пожары,

наводнения, ураганы) ущерб и потери на нефтеперерабатывающих заводах США составляют сотни миллионов долларов и приводят к значительным загрязнениям окружающей среды.

В своих исследованиях А. Б. Эпов [3] отмечает, что наиболее остро проблема усугубления последствий аварий возникает при природно-техногенных чрезвычайных ситуациях, т. е. когда природное явление (часто вполне обычное для региона) вызывает катастрофические последствия не само по себе, а через инициирование техногенных аварий или катастроф.

Американские исследователи указывают, что промышленные аварии превращаются в чрезвычайные ситуации в том случае, если вызванные ими последующие негативные события угрожают существованию социальной структуры общества [4].

Непосредственными причинами техногенных катастроф могут быть внешние по отношению к инженерной системе воздействия: условия (стихийные бедствия, военно-диверсионные акции и т. д.) и обстоятельства, связанные непосредственно с данной системой, в том числе технические неисправности, а также человеческие ошибки. Последним, согласно статистике и мнению специалистов, принадлежит главная роль в возникновении техногенных катастроф.

В последние годы информация о техногенных авариях и природных катастрофах свидетельствует о том, что в России с 1991 г. наметилась устойчивая тенденция роста чрезвычайных ситуаций. Этот рост сопровождается увеличением количества погибших и пострадавших людей, материальным ущербом на многие миллионы рублей [4], загрязнением огромных лесных территорий, водоемов и рек, пахотных земель, воздушного пространства городов и поселков.

В России опасные природные явления распределяются следующим образом: наводнения — 30 %, ураганы и смерчи — 20 %, землетрясения — 8 %, обвалы, лавины, карсты, сели — 22 % [1].

Поскольку основную опасность для промышленных объектов нефтепереработки и нефтехимии представля-



ют взрывы и пожары, авторами статьи предлагаются системы автоматического управления и регулирования промышленной и экологической безопасности оборудования с пожаровзрывоопасным продуктом для процессов с высокой энергией, которые рекомендуется использовать в зоне техногенных и природных воздействий на каждом взрывоопасном и пожароопасном предприятии с высокой энергией для снижения риска возникновения чрезвычайной ситуации [5].

На рис. 1 представлена структурная схема системы автоматического управления технологическими процессами, сопровождающимися выделением высокой энергии при техногенных и природных катастрофах, которая работает следующим образом.

Штатный режим

Система управления технологическим процессом 8 совместно с оператором 1, датчиками системы управления технологическим процессом 2, исполнительными механизмами системы управления технологическим процессом 14, блоком контроля и диагностики системы управления технологическим процессом 7, блоком контроля режимов технологического процесса 11 управляет блоком технологического процесса 17.

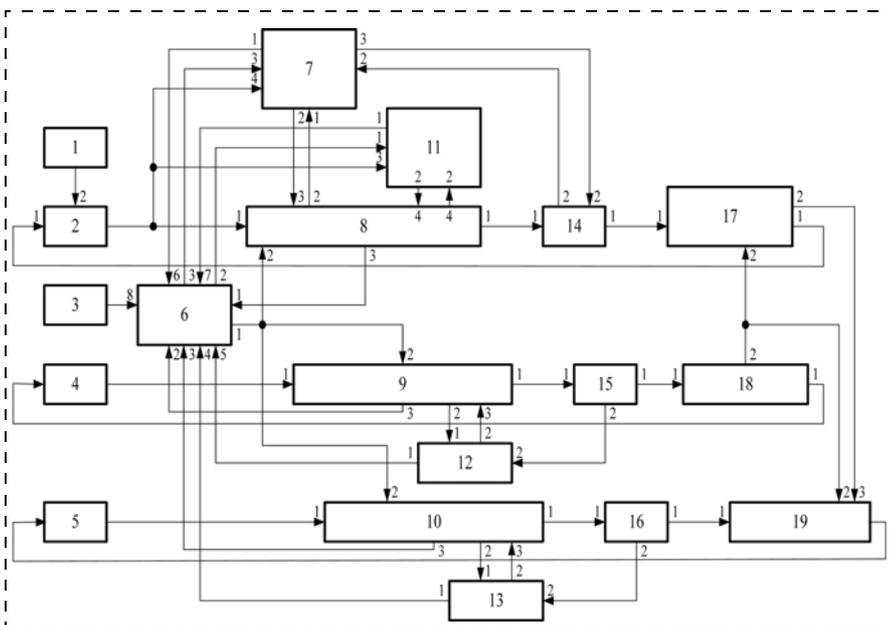


Рис. 1. Схема системы автоматического управления технологическими процессами при техногенных и природных воздействиях:

1 — оператор системы управления технологическим процессом; 2 — датчики системы управления технологическим процессом; 3 — блок связи с органами контроля за техногенными воздействиями и с метеослужбой; 4 — датчики системы управления пожаротушением; 5 — датчики системы управления очисткой; 6 — блок прогнозирования сценариев риска; 7 — блок контроля и диагностики системы управления технологическим процессом; 8 — система управления технологическим процессом; 9 — система управления пожаротушением; 10 — система управления очисткой; 11 — блок контроля режимов технологического процесса; 12 — блок контроля и диагностики системы управления пожаротушением; 13 — блок контроля и диагностики системы управления очисткой; 14 — исполнительные механизмы системы управления технологическим процессом; 15 — исполнительные механизмы системы управления пожаротушением; 16 — исполнительные механизмы системы управления очисткой; 17 — блок технологического процесса; 18 — средства пожаротушения; 19 — блок очистки

Система управления пожаротушением 9 совместно с датчиками системы управления пожаротушением 4, исполнительными механизмами системы управления пожаротушением 15, блоком контроля и диагностики системы управления пожаротушением 12 следит за пожарным состоянием блока технологического процесса 17.

Система управления очисткой загрязнений после аварии 10 совместно с датчиками системы управления очисткой 5, исполнительными механизмами системы управления очисткой 16, блоком контроля и диагностики системы управления очисткой 13 управляет блоком очистки 19 в штатном режиме.

Нештатный режим

Нештатный режим — это ситуация, которая возникает при неправильных действиях оператора, приводящих к нарушению технологии производства; при отказах оборудования, приводящих к авариям; при техногенных воздействиях (лесные пожары, наводнения, землетрясения и прочее).

Нештатный режим, вызванный неправильными действиями оператора, отказами оборудования, выявляется блоком контроля и диагностики системы управления технологическим процессом 7. Нештатный режим, вызванный техногенными воздействиями, определяется блоком связи с органами контроля за техногенными воздействиями и с метеослужбой 3.

При выявлении нештатной ситуации работа системы управления технологическим процессом 8, работа системы управления пожаротушением 9, работа системы управления очисткой 10 происходит с учетом работы блока прогнозирования сценариев риска 6.

Рисками назовем неправильные действия оператора, приводящие к нарушению технологии производства; отказы оборудования, приводящие к авариям; техногенные воздействия — лесные пожары, наводнения, землетрясения и прочее.

Блок прогнозирования сценариев риска 6 содержит промышленный компьютер, в памяти которого находятся:

- модель технологического процесса в штатном технологическом режиме;
- модели технологического процесса при неправильных действиях оператора;
- модели технологического процесса при отказах оборудования, участвующего в технологическом процессе;
- модели прогноза сценариев риска;

— модели работы системы управления пожаротушением в штатном режиме работы оборудования, участвующего в технологическом процессе;

— модели работы системы управления пожаротушением при неправильных действиях оператора и при отказах оборудования, участвующего в технологическом процессе, при техногенных воздействиях;

— модели работы системы управления очисткой в штатном режиме работы оборудования, участвующего в технологическом процессе;

— модели работы системы управления очисткой при неправильных действиях оператора и при отказах оборудования, участвующего в технологическом процессе, при техногенных воздействиях.

В случае возникновения рисков из блока прогнозирования сценариев риска *б* поступают соответствующие сценарии ликвидации рисков в систему управления технологическим процессом *д*, в систему управления пожаротушением *з*, в систему управления очисткой *и*, в блок контроля режимов технологического процесса *к*, в блок контроля и диагностики системы управления технологическим процессом *л*.

Система управления очисткой *и*, получив соответствующий сценарий работы из блока прогнозирования сценариев риска *б*, выбирает соответствующие способы, темп и средства очистки.

Сценарии работы блока системы управления очисткой *и* определяются в блоке прогнозирования сценариев риска *б* исходя из условий: места источника загрязнения в технологическом процессе, продукта технологического процесса, средства пожаротушения.

Авторами предлагаются две группы систем управления и регулирования промышленной и экологической безопасности для технологического оборудования нефтехимических производств.

Для первой группы — при разрывах и разгерметизации оборудования предлагаются системы автоматического рассеивания парогазового облака водяным паром до концентрации ниже предела воспламенения пожаровзрывоопасного продукта с автоматической откачкой жидкой фазы при разгерметизации аппарата на очистные сооружения, для исключения последующего взрыва и пожара на технологической установке, работа которой описана ранее [6].

Для второй группы предлагаются системы, предотвращающие разрыв и разгерметизацию взрывоопасного оборудования, позволяющие избежать чрезвычайной ситуации на технологической установке, что особенно важно при техногенных и природных катастрофах. На рис. 2 показана одна из таких систем второй группы.

Система содержит в аппарате *1* устройство для сбора газопаровой фазы пожаровзрывоопасного продукта, катушку *5* и пламегаситель *4*, соединенный через катушку с люком-лазом *2* аппарата *1*, прикрепленным сваркой к металлической раме *8*. Между фланцами люка-лаза аппарата и катушкой установлена медная пластина *3*. Катушка обеспечивает легкость монтажа ее с люком-лазом и пламегасителем. Огнепреградитель *7* на конце имеет металлическую сетку, которая обеспечивает ламинарное (плавное) истечение газопаровой фазы пожаровзрывоопасного продукта с водяным паром из огнепреградителя и исполняет роль огневого предохранителя. Сетка предохраняет аппарат от проникновения пламени внутрь него.

Система работает следующим образом: в случае аварийной ситуации в аппарате *1* разрывается медная пластина *3*, газопаровая фаза пожаровзрывоопасного продукта устремляется через катушку *5* в пламегаситель *4*, сигнал повышения давления и температуры поступает на блок контроля пожаро-

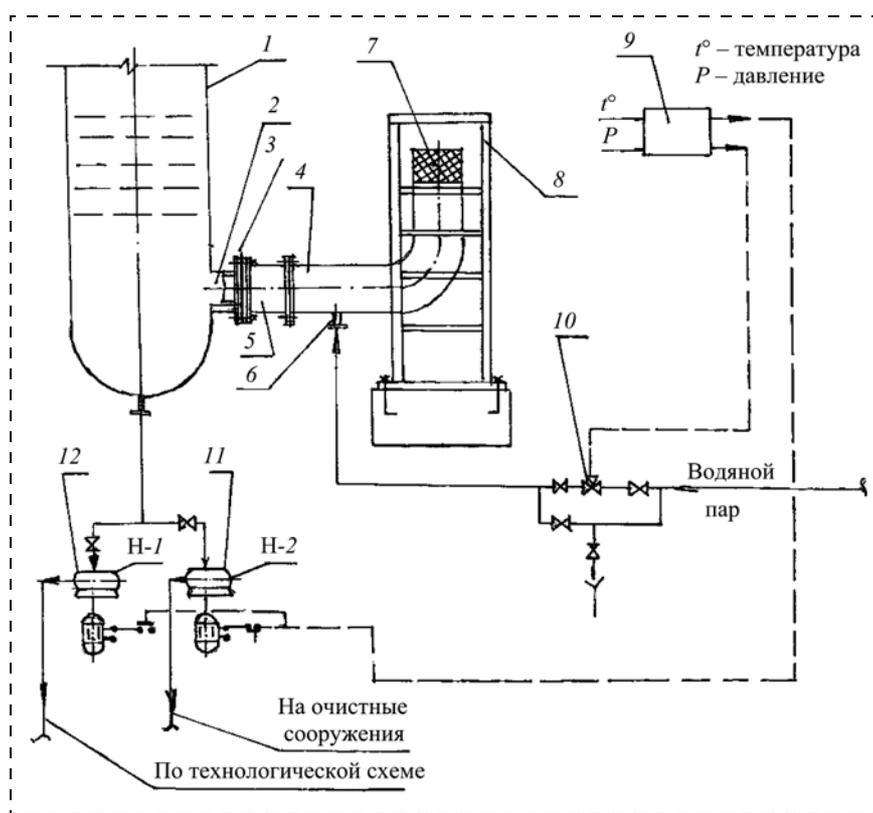


Рис. 2. Схема системы автоматического управления и регулирования промышленной и экологической безопасности технологического оборудования с пожаровзрывоопасным продуктом:

1 — аппарат; *2* — люк-лаз; *3* — медная пластина; *4* — пламегаситель; *5* — катушка; *6* — штуцер подачи водяного пара в пламегаситель; *7* — огнепреградитель с металлической сеткой; *8* — металлическая рама под пламегаситель; *9* — блок контроля аварийной ситуации; *10* — клапан подачи водяного пара в пламегаситель; *11* — насос Н-2 откачки продукта в аварийной ситуации на очистные сооружения из аппарата; *12* — насос Н-1 подачи продукта из аппарата по технологической схеме



взрывоопасной ситуации 9, который дает сигнал на открытие клапана 10 подачи водяного пара для разбавления газопаровой фазы пожаровзрывоопасного продукта ниже предела его воспламенения, который через штуцер 6 поступает в пламегаситель 4. Одновременно из блока контроля пожаровзрывоопасной ситуации 9 поступает сигнал на включение аварийного насоса Н-2 (11) откачки жидкой фазы из аппарата на очистные сооружения и остановку насоса Н-1 (12), подающего продукт из аппарата 1 по технологической схеме. В результате прекращается горение газопаровой фазы пожаровзрывоопасного продукта и исключается разрыв аппарата 1 [7].

Применение медной пластины обусловливается отсутствием искрообразования при ее разрыве и высокой температурой ее плавления 1083 °С, что позволяет применять пластину в аппаратах с высокой температурой.

Толщина медной пластины, мм, определяется по формуле в зависимости от рабочего давления и температуры в аппарате 1 [8]:

$$\delta = \frac{\rho D_p}{K_t K_1 \sigma_B},$$

где ρ — максимальное давление разрыва пластины при рабочей температуре, МПа; D_p — рабочий диаметр пластины, мм; σ_B — временный предел прочности материала, МПа; K_1 — опытный коэффициент, $K_1 = 3,7 \dots 4,2$; K_t — опытный коэффициент, определяемый по графику [8].

Использование предложенной системы позволит повысить надежность, безопасность и простоту работы оборудования в аварийных ситуациях, так как система не допускает разрыва аппарата, а замена разорванной медной пластины не представляет трудности.

Большую опасность при техногенных и природных катастрофах представляет не только оборудование технологических установок нефтехимических производств, но и резервуары товарного парка.

Количество аварий в резервуарном парке составляет 3,8 % от общего количества аварий технологического оборудования [4]. Эксплуатация резервуаров со стационарной крышей показала, что основным источником пожара является образование пожаровзрывоопасной воздушной смеси внутри него. А основными источниками зажигания при этом являются разряды атмосферного электричества, электрические искры, фрикционные искры, открытое пламя, самовозгорание пиропорных отложений.

При природных катастрофах чаще всего пожары бывают в результате утечки парогазовой фазы из резервуара через дыхательные клапаны (механические и гидравлические) при малых и больших дыханиях резервуара, что приводит к образованию парогазовой фазы над резервуаром и при воздействии атмосферного разряда, накопленного грозowymi облаками, приводит к ее возгоранию, взрыву и пожару в резервуаре.

Взрыв паровоздушной смеси в резервуаре, как правило, приводит к подрыву крыши и затем — к тяжкому пожару в резервуаре с разрушением резер-

вуара и загрязнением воздушного бассейна пожаровзрывоопасным продуктом, приводящему к значительному материальному ущербу.

Образование огневого шара в случае полного разрушения резервуара является одним из наиболее опасных явлений. Это связано с высокой скоростью процесса образования шара и с большим радиусом теплового поражения. Радиус его определяется по формуле [4]:

$$R = 29 \cdot M^{1/3},$$

где M — масса перегретой легковоспламеняющейся жидкости (ЛВЖ), т.

При образовании огневого шара (BLEVE) происходит полное разрушение холодного резервуара. Длительность существования огневого шара, с, определяется по формулам [4]:

$$t_{\text{хол}} = \begin{cases} 4,5 \cdot M^{1/3} & \text{при } M < 37 \text{ т} \\ 8,2 \cdot M^{1/3} & \text{при } M > 37 \text{ т} \end{cases}$$

Диаметр огневого шара d_{b1} , м, а также длительность его существования t_{b1} , с, определяются по формулам [4]:

$$d_{b1} = 3,44 \left[\frac{44,8 \cdot M}{\mu} \right]^{1/3};$$
$$t_{b1} = 0,31 \left[\frac{44,8 \cdot M}{\mu} \right]^{1/3},$$

где M — масса ЛВЖ, кг; μ — молекулярная масса.

Плотность потока теплового излучения от огневого шара рассчитывается по формуле [4]:

$$q = q_{fb} F \tau,$$

где q_{fb} — средняя поверхностная плотность потока теплового излучения, принимается равной 225 кВт · м²; F — коэффициент облученности:

$$F = \frac{R^2 x}{(R^2 + x^2)^{3/2}};$$

τ — прозрачность атмосферы; R — радиус огневого шара, м; x — расстояние до эпицентра, м.

Образование огневого шара приводит к большим разрушениям резервуара. Необходимо исключить причины возгорания парогазовой фазы, приводящие к образованию огневого шара, т. е. необходимо убрать парогазовую фазу из системы.

Существует несколько систем разделения парогазовой фазы:

— система рассеивания парогазовой фазы водяным паром, которая применяется для защиты группы резервуаров от пожара при загорании одного из них [4]; однако существующая система имеет недостаток, заключающийся в том, что работа системы вызывает затруднения при больших объемах парогазовой фазы, так как требуется большое количество водяного пара и длитель-

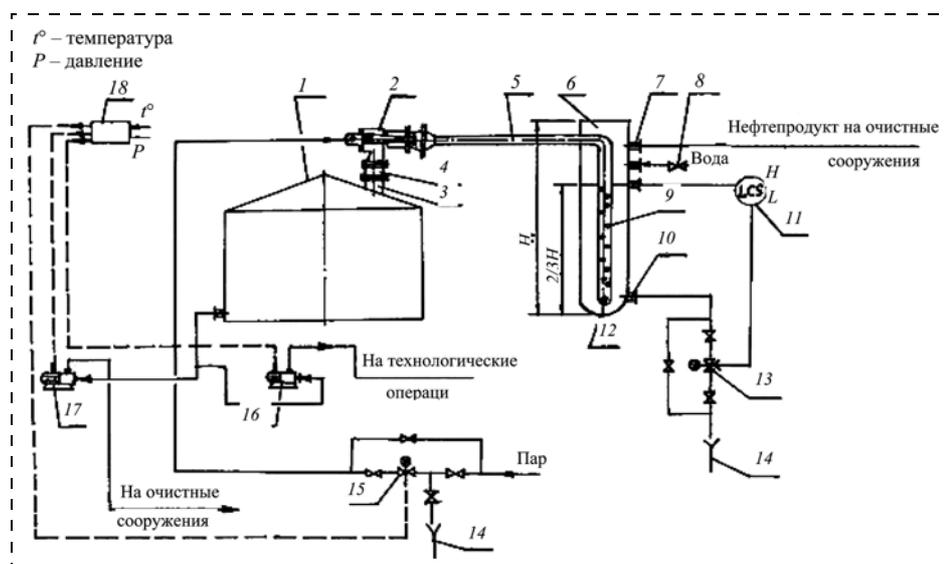


Рис. 3. Система автоматического управления и регулирования промышленной и экологической безопасности резервуаров со светлым пожаровзрывоопасным продуктом:

1 — резервуар; 2 — паровой эжектор; 3 — смотровой люк; 4 — катушка соединительная к паровому эжектору; 5 — труба подачи парогазовой фазы паровым эжектором; 6 — конденсатор-водоотделитель; 7 — штуцер сброса жидкой парогазовой фазы; 8 — штуцер подачи воды в конденсатор-водоотделитель; 9 — центральная перфорированная труба конденсатора-водоотделителя; 10 — штуцер сброса воды через регулирующий клапан в канализацию; 11 — уровнемер конденсатора-водоотделителя; 12 — эллиптическое днище конденсатора-водоотделителя; 13 — регулирующий клапан сброса воды; 14 — сброс парового конденсата и воды в канализацию; 15 — клапан подачи водяного пара в паровой эжектор; 16 — насос откачки продукта на технологические операции; 17 — насос откачки продукта на очистные сооружения; 18 — блок контроля пожаровзрывоопасной ситуации

ное время для разбавления парогазовой фазы ниже предела взрываемости пожаровзрывоопасного продукта;

- система защиты резервуара от пожара способом поливки резервуара водой из распыливающих сопел, которые окружают резервуар; однако данная система малоэффективна при больших объемах парогазовой фазы, так как конденсируется только часть парогазовой фазы [4];

- система сбора легких углеводородных паров и газа с предохранительных клапанов резервуаров в газгольдеры; эта система эффективна, когда газгольдеры не заполнены, а в случае их заполнения клапаны сбрасывают парогазовую фазу на свечу, т. е. в атмосферу [4];

- система рассеивания парогазового облака, которая эффективна только при состоявшемся разрыве резервуара;

- система с применением незамерзающих предохранительных клапанов из материала, обеспечивающего защиту их в зимних условиях;

- применение покрытия резервуаров на основе вермикулита (минерал группы слюды), которые уменьшают теплообмен и нагрев продукта в летний период;

- оснащение резервуаров понтонами из полимерных материалов; они эффективны при незначительном нагреве резервуара.

Однако все перечисленные способы не обеспечивают защиту при нагревании продукта в резервуаре

при малых и больших дыханиях резервуара.

Авторами предлагается система автоматического управления и регулирования промышленной и экологической безопасности для резервуара со светлым пожаровзрывоопасным продуктом, которая позволяет избежать в аварийных ситуациях разрыва и утечки парогазовой фазы через предохранительные клапаны и исключает пожары в резервуаре.

Это решается комплексом следующих автоматических систем управления и регулирования:

- автоматической системой откачки жидкой фазы взрывопожароопасного продукта в аварийных ситуациях;

- автоматической системой для сбора парогазовой фазы при аварийной ситуации в аппарате;

- системой блока контроля за аварийной ситуацией в аппарате.

На рис. 3 приведена система автоматического управления и регулирования промышленной и экологической безопасности резервуаров со светлым пожаровзрывоопасным продуктом [9].

Система содержит устройство для сбора парогазовой фазы, конденсации и удаления ее из аппарата, которое выполнено в виде парового эжектора 2, соединенного катушкой 4 со смотровым люком аппарата 3, в дальнейшем парогазовая фаза подается паровым эжектором в центральную перфорированную трубу 9 конденсатора-водоотделителя 6, имеющую небольшие отверстия. Для измерения уровня воды в системе конденсатор-водоотделитель установлен прибор 11 — LGS (НЛ).

Предлагаемая система обеспечивает надежность, безопасность работы аппарата и оборудования в аварийных ситуациях при большом количестве газопаровой фазы в аппарате и предотвращает его разрыв.

В предлагаемой системе автоматического управления и регулирования промышленной и экологической безопасности имеется устройство для сбора парогазовой фазы, конденсации и удаления ее из аппарата, которое выполняется паровым эжектором, соединенным со смотровым люком аппарата, в дальнейшем парогазовая фаза подается паровым эжектором в центральную перфорированную трубу конденсатора-водоотделителя, имеющую небольшие отверстия, где смесь парогазовой фазы и водяного пара при истечении через небольшие отверстия конденсируется (барботируясь через водный слой), углеводородная часть поднимает-



ся в верхнюю часть конденсатора-водоотделителя и периодически откачивается на очистные сооружения, а водяной пар, конденсируясь вместе с водой, периодически сбрасывается через клапан в канализацию. Конденсатор-водоотделитель перед пуском однократно заполняется водой, в дальнейшем этого не требуется. Конденсатор-водоотделитель выполнен из трубы Ду 500 мм из коррозионно-стойкой (нержавеющей) стали марки X18H10T. Труба имеет эллиптическое днище, в ней имеются три штуцера: нижний для спуска воды через клапан из аппарата, другой — в верхней части аппарата для откачки углеводородной фазы на очистные сооружения, третий — в средней части для подачи воды в аппарат. В конденсаторе-водоотделителе имеется центральная перфорированная труба Ду 300 мм из стали марки X18H10T. Перфорация в трубе выполнена отверстиями, расположенными на высоте 2/3 от низа трубы.

Для проведения процесса интенсивной конденсации парогазовой фазы диаметр отверстий выбран 2...3 мм, так как при больших размерах отверстий отдельные пузырьки сливаются в сплошной поток, что ухудшает процесс тепло- и массообмена. Количество отверстий выбрано таким, чтобы суммарная их поверхность равнялась площади сечения трубы на входе парогазовой фазы в центральную трубу конденсатора-водоотделителя. Выбранная высота 2/3 от низа трубы, на которой выполнена перфорация, является зоной барботажной и конденсации.

Система работает следующим образом (см. рис. 3).

В случае аварийной ситуации в резервуаре 1 сигнал повышения давления и температуры поступает на блок контроля пожаровзрывоопасной ситуации 18, который подает сигнал на открытие клапана 15 подачи водяного пара в паровой эжектор 2. Паровая фаза из резервуара 1 через смотровой люк 3 и катушку 4 всасывается паровым эжектором 2. Далее парогазовая фаза и водяной пар выбрасываются паровым эжектором 2 в трубу 5, затем в центральную перфорированную трубу 9 конденсатора-водоотделителя 6, где при истечении через отверстия происходит барботажная через водный слой и конденсация парогазовой фазы в конденсаторе-водоотделителе. Сконденсированная углеводородная часть поднимается в верхнюю часть конденсатора-водоотделителя 6 и через штуцер 7 периодически откачивается на очистные сооружения, а водяной пар, конденсируясь вместе с водой, периодически сбрасывается в канализацию 14 через регулирующий клапан 13. Для измерения уровня воды в системе конденсатор-водоотделитель установлен прибор 11 LGS (HL). Конденсатор-водоотделитель перед пуском однократно заполняется водой через штуцер 8.

Одновременно из блока контроля пожаровзрывоопасной ситуации 18 сигнал поступает на включение

аварийного насоса 17 откачки продукта на очистные сооружения и остановку насоса 16 откачки продукта на технологические операции.

Таким образом, использование предложенной системы позволит повысить надежность и безопасность работы резервуаров со светлым пожаровзрывоопасным продуктом, не допуская разрыва аппарата и исключая чрезвычайные ситуации, связанные с разрывом резервуара и большим пожаром на предприятии.

Выводы

Использование предложенных систем автоматического управления и регулирования промышленной и экологической безопасности позволяет повысить надежность и безопасность работы технологического оборудования в аварийных ситуациях и не допускает разрывов аппаратов и технологического оборудования, исключая пожары и взрывы на нефтехимических производствах при техногенных воздействиях и природных катастрофах, что предотвращает попадание загрязняющих веществ в воздушный бассейн, почву, в водный бассейн, делая технологический процесс более экологически безопасным.

Список литературы

1. **Исаева Л. К.** Основы экологической безопасности при природных катастрофах. — М.: Академия противопожарной службы МЧС России, 2003. — 158 с.
2. **Исаева Л. К.** Основы экологической безопасности при техногенных катастрофах. — М.: Академия противопожарной службы МЧС России, 2003. — 138 с.
3. **Эпов А. Б.** Аварии, катастрофы и стихийные бедствия в России. — М.: Финансы и статистика, 1994. — 341 с.
4. **Абросимов А. А.** Экология переработки углеводородных систем: Учебник / Под ред. Ю. М. Доломатова, Э. Г. Теляшева. — М.: Химия, 2002. — 608 с.
5. **Патент** на изобретение № 2250484. Система автоматического управления технологическими процессами, сопровождающимися выделением энергии. БИ № 11. 2005 г. Авторы: Зиновьев А. П., Рыжов Г. И., Зиновьев С. А.
6. **Зиновьев А. П., Рыжов Г. И., Зиновьев С. А., Рыжов И. Г.** Промышленная и экологическая безопасность нефтехимических процессов с высокой энергией // "Безопасность жизнедеятельности", 2009. № 7. С. 25—30.
7. **Патент** на изобретение № 2395829. Система автоматического управления экологической безопасностью пожаровзрывоопасного технологического процесса, сопровождающегося выделением высокой энергии БИ № 21. 2010 г. Авторы: Зиновьев А. П., Рыжов Г. И., Зиновьев С. А.
8. **Защитно-предохранительные** устройства нефтегазового оборудования: Справочник / О. Н. Шпаков, О. А. Зариский, Д. Ф. Гуревич и др. — Л.: Недра, 1991.
9. **Патент** на изобретение № 2426092. Система автоматического управления и регулирования промышленной и экологической безопасности резервуаров со светлым пожаровзрывоопасным продуктом. БИ № 22.2011. Авторы: Зиновьев А. П., Рыжов Г. И., Зиновьев С. А., Рыжов И. Г.



УДК 519.72

Н. Ю. Илькухин, инж., ОАО "Научно-Технический Центр "РАТЭК", г. Санкт-Петербург
E-mail: nikitailkuhin@mail.ru

Новый принцип досмотра багажа авиапассажиров с использованием установок на основе метода нейтронного радиационного анализа

Описаны физические методы досмотра багажа рентгеновской установкой и установкой на основе использования нейтронного радиационного анализа (НРА). Предложен новый принцип досмотра багажа авиапассажиров с использованием комбинированной многоуровневой системы, состоящей из рентгеновской установки и установки на основе метода НРА. Произведена оценка пространственного разрешения установки на основе метода НРА с помощью информационной меры Кульбака.

Ключевые слова: обеспечение безопасности на транспорте, установки на основе метода нейтронного радиационного анализа

Ilkuhin N. Y. *New principle of examination of luggage of air passengers with use of systems based of the method of the neutron radiating analysis*

Physical methods of examination of luggage of x-ray system and system based of use of the neutron radiating analysis (NRA) are described. The new principle of examination of luggage of air passengers with use of the combined multilevel system consisting of x-ray system and NRA system is offered. The estimation of the spatial permission of NRA system by means of an information measure of Kulbak is made.

Keywords: safety on transport, system based of the method of the neutron radiating analysis

Одним из главных критериев эффективности работы различных видов транспорта является обеспечение безопасности на объектах транспортной инфраструктуры. Противодействие угрозам террористических актов с применением взрывчатых веществ (ВВ) является в настоящее время приоритетной задачей для мирового сообщества. Для осуществления превентивных мер, направленных на предотвращение актов терроризма на объектах транспортного комплекса, существует необходимость оснащения спецслужб современными средствами обнаружения взрывчатых и других запрещенных веществ и предметов в багаже и ручной клади пассажиров, которые удовлетворяли бы техническим требованиям, отвечающим реалиям настоящего времени.

Одной из наиболее актуальных остается задача обеспечения безопасности полетов гражданской авиации, особенно в отношении пресечения проноса ВВ на борт воздушных судов, для решения которой существует ряд методов, в разной степени используемых на практике.

Рентгеновские методы

Установки, использующие для зондирования различных объектов рентгеновское излучение, в настоящее время рассматриваются в качестве самых быстрых и дешевых средств обнаружения потенциально опасных предметов и ВВ. Однако обычные досмотровые рентгеновские установки не могут отделить ВВ от безопасных веществ с близкой плотностью и эффективным атомным номером. Эти установки в лучшем случае дают только подсказки с помощью оконтуривания подозрительных областей в багаже, оставляя окончательное решение за оператором. Последнее обстоятельство приводит к существенной зависимости качества досмотра от опыта и квалификации оператора. Кроме того, использование таких установок на практике даже с томографическим принципом получения изображения показало, что число ложных тревог остается весьма значительным (20...30 %) и требует использования дополнительных средств для проверки подозрительного на наличие ВВ багажа. В случае использования обычных рентгеновских установок обнаружение ВВ в автоматическом режиме также приводит к появлению высокого уровня ложных тревог. Указанные недостатки рентгеновских установок привели к необходимости создания комбинированных систем для автоматического обнаружения ВВ на основе использования разных физических методов.

Метод нейтронного радиационного анализа

Одним из перспективных для использования в комбинированных системах обнаружения ВВ является метод нейтронного радиационного анализа (НРА). Этот метод основан на том, что при облучении взрывчатого вещества тепловыми нейтронами с энергией около 0,025 эВ происходит радиационный захват тепловых нейтронов ядрами атомов азота-14, в результате чего образуются ядра



атомов азота-15 в возбужденном состоянии (их число зависит от массы взрывчатого вещества, плотности потока тепловых нейтронов и сечения реакции захвата). При переходе в основное состояние в среднем около 14 % ядер атомов азота-15 испускают гамма-кванты с энергией 10,83 МэВ, которые могут быть зарегистрированы при помощи детекторов. В силу того что большинство известных ВВ имеют высокую концентрацию азота, регистрация указанных гамма-квантов может быть использована в качестве признака обнаружения ВВ.

Основными достоинствами устройств на основе метода НРА являются способность обнаружения замаскированных ВВ и возможность работы в полностью автоматическом режиме. Однако первые образцы устройств обнаружения ВВ на основе метода НРА показали довольно высокий уровень ложных тревог и низкую производительность досмотра. Причиной высокого уровня ложных тревог являлось наличие большого количества азотсодержащих материалов в составе багажа, не являющихся ВВ, в том числе в шерстяных, кожаных изделиях и в продуктах питания. Поэтому установки обнаружения ВВ, использующие метод НРА, могли быть применены для решения узкого круга задач обеспечения безопасности, в которых не требовалась высокая скорость при досмотре объектов, а сами объекты не содержали предметы с высоким содержанием азота. Для обеспечения решения задач авиационной безопасности такие установки не могли быть использованы.

Исследования, проведенный в ОАО НТЦ "РАТЭК", показали, что эти установки со специальной конструкцией и алгоритмами обработки данных с успехом могут быть использованы при создании комбинированных многоуровневых систем обнаружения ВВ. В этих системах рентгеновская установка на первом уровне досмотра обеспечивает сортировку проверяемых объектов (багажа авиапассажиров) на не содержащие подозрительные на наличие ВВ предметы и на предметы, которые потенциально могут быть ВВ и взрывными устройствами. При этом современные рентгеновские установки могут дать указание на координаты подозрительного предмета в багаже авиапассажира. Таким образом, установка НРА может применяться для исследования только части подозрительного на наличие ВВ багажа с выделенной областью для такого исследования. Это позволяет увеличить время досмотра для установок НРА, которые будут обследовать не весь багаж авиапассажиров, а только подозрительный на наличие ВВ, и организовать в установке НРА получение гамма-квантов только из части багажа, содержащей подозрительный предмет, а не от всего багажного объема. Последнее должно привести к значительному уменьшению количества ложных тревог в установке НРА.

Таким образом, для использования установки НРА в комбинированной системе обнаружения ВВ необходимо предусмотреть конструктивные решения и алгоритмы обработки данных, позволяющие осуществлять регистрацию гамма-излучения ядер азота только из подозрительной на наличие ВВ части багажа, т. е. создать установку НРА с пространственным разрешением при принятии решения об обнаружении ВВ.

Конструктивные решения сводятся к разработке специального формирователя поля нейтронов, обеспечивающего преимущественное облучение нейтронами подозрительной части багажа, создание многодетекторной системы для регистрации гамма-квантов, обеспечивающей возможность выбора гамма-квантов от ядер азота, находящихся в подозрительной на наличие ВВ части багажа.

Алгоритмы обработки данных должны обеспечить получение оптимального пространственного разрешения в установке НРА. Для создания таких установок необходимо разработать методы оценки этого разрешения.

Воспользуемся понятием информации, которую можно получить на основе имеющихся данных по регистрации гамма-излучения в многодетекторной системе для принятия решения об обнаружении избыточного количества азота в подозрительной на наличие ВВ части багажа с целью анализа имеющегося пространственного разрешения установки НРА.

Метод информационного анализа пространственного разрешения установок НРА

По смыслу информация, которую необходимо использовать для анализа пространственного разрешения установок, соответствует мере информации по Кульбаку [1]. Произведем расчет этой меры информации для одного из вариантов установки НРА. Установка имеет щелевой формирователь нейтронного поля и многодетекторную систему регистрации гамма-излучения из трех детекторов.

На макете установки НРА были получены экспериментальные матрицы откликов детекторов, нормированные на 1 г азота и один нейтрон источника. Вся досмотровая камера установки НРА делится на ячейки. Размеры ячеек выбираются исходя из геометрии установки — размеров формирователя пучка тепловых нейтронов, размеров детекторов и их взаимного расположения. Каждый элемент матрицы откликов детекторов соответствует определенной ячейке досмотровой камеры. Для расчета меры информации по Кульбаку используем матрицу откликов детекторов, рассчитанную для ячеек среднего уровня досмотровой камеры. Положение ячеек на среднем уровне досмотровой камеры зададим координатами (i, j) , где i и j — координаты

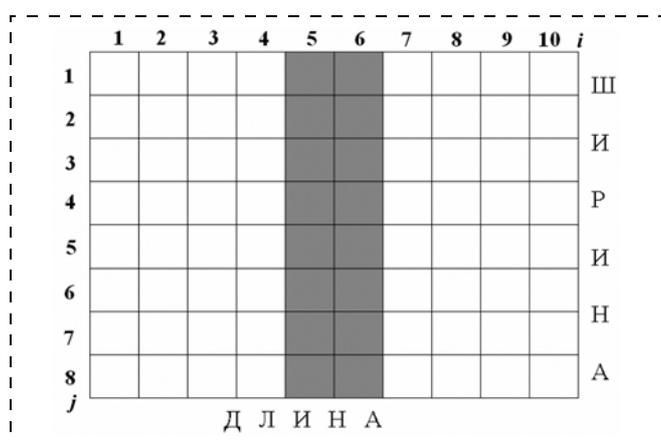


Рис. 1. Возможные точки целеуказания (выделены темным прямоугольником)

наты ячейки по длине и ширине камеры соответственно. Разбиение среднего уровня досмотровой камеры на ячейки представлено на рис. 1.

Ячейки досмотровой камеры с координатами (i, j) , где $i \in 5...6$ и $j \in 1...8$, являются возможными точками целеуказания внутри контролируемого объекта по указанию оператора рентгеновской установки. Будем поочередно закладывать азот массой 100 г в каждую ячейку багажной камеры на среднем уровне. После осуществления закладки азота в ячейку с координатой (i, j) рассмотрим две альтернативные гипотезы:

— H_1 — показания детекторов соответствуют регистрации фона и эффекта, связанного с регистрацией гамма-излучения азота массой 100 г, расположенного в ячейке с координатой (i, j) ;

— H_2 — показания детекторов соответствуют регистрации фона.

Мера информации по Кульбаку

$$I(H_1 : H_2) = \sum_m f_1(m) \ln \frac{f_1(m)}{f_2(m)}, \quad (1)$$

где $f_1(m) = \frac{x_1^m}{m!} e^{-x_1}$ — плотность распределения показаний детектора при регистрации фона и эффекта, связанного с регистрацией гамма-излучения от азота массой 100 г в ячейке с координатами (i, j) ;

$$x_1 = x_{\Phi} + x_{\text{азот}};$$

- x_{Φ} — среднее число отсчетов детектора в i -м канале энергетического спектра при регистрации фона при отсутствии азота;
- $x_{\text{азот}}$ — среднее число отсчетов детектора в i -м канале энергетического спектра при регистрации гамма-излучения от азота массой 100 г, расположенного в ячейке с координатами (i, j) ;

$f_2(m) = \frac{x_2^m}{m!} e^{-x_2}$ — плотность распределения показаний детектора при регистрации фона;

$$x_2 = x_{\Phi}.$$

Подставляя приведенные выше выражения для величин, входящих в формулу (1), и преобразуя их, получаем

$$I(H_1 : H_2) = x_1 \ln \frac{x_1}{x_2} - (x_1 - x_2). \quad (2)$$

Значения мер информации по Кульбаку для каждой ячейки багажной камеры, расположенной на среднем уровне, даны в таблице.

Таким образом, получена матрица мер информации. По данным этой матрицы построен график (рис. 2 — см. 3-ю стр. обложки). Он показывает пространственное разрешение установки нейтронного радиационного анализа.

Следует отметить, что информация, которую возможно использовать для правильного обнаружения ВВ, получается, когда ячейка гамма-излучения совпадает с точкой целеуказания. В случае, когда такое совпадение отсутствует (присутствует гамма-излучение не из точки целеуказания), регистрация гамма-излучения приводит к появлению ложной тревоги.

Приведенный пример показывает целесообразность использования мер количества информации в качестве метода анализа и оценки пространственного разрешения установки НРА. Использование мер количества информации по Кульбаку для определения оптимального пространственного разрешения путем изменения конфигурации шелевого формирователя нейтронного поля и детекторов системы регистрации гамма-излучения позволяет улучшить показатели по назначению установки НРА: значений вероят-

Матрица $I(H_1 : H_2)$

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,002598	0,003323	0,004660	0,004849	0,004853	0,004720	0,003374	0,002659
2	0,002322	0,002893	0,002789	0,002840	0,002845	0,002829	0,002949	0,002383
3	0,004573	0,005601	0,006327	0,006801	0,006806	0,006396	0,005718	0,004698
4	0,039920	0,050796	0,051877	0,054615	0,054675	0,052461	0,051553	0,040801
5	0,146966	0,184163	0,209213	0,223242	0,223298	0,211172	0,186892	0,150079
6	0,146966	0,184163	0,209213	0,223242	0,223298	0,211172	0,186892	0,150079
7	0,039920	0,050796	0,051877	0,054615	0,054675	0,052461	0,051553	0,040801
8	0,004573	0,005601	0,006327	0,006801	0,006806	0,006396	0,005718	0,004698
9	0,002322	0,002893	0,002789	0,002840	0,002845	0,002829	0,002949	0,002383
10	0,002598	0,003323	0,004660	0,004849	0,004853	0,004720	0,003374	0,002659



ностей правильного обнаружения ВВ и ложных тревог. Высокое пространственное разрешение со специальным программным обеспечением установки НРА позволяет соответствовать необходимому уровню для успешного применения установок на практике. Поэтому эксплуатация установки НРА, интегрированной в комплексную досмотровую систему с рентгенотелевизионным интроскопом, обеспечивает надежное обнаружение взрывчатых веществ и минимизацию числа ложных тревог.

Список литературы

1. Кульбак С. М. Теория информации и статистика. — М.: Наука, 1967.
2. Гума В. И., Демидов А. М., Иванов В. А., Миллер В. В. Нейтронно-радиационный анализ. — М.: Энергоатомиздат, 1984.
3. Вишневкин А. Б., Иванов Н. А., Коробков И. Н., Ольшанский Ю. И. Методы обнаружения взрывчатых веществ. — Гатчина: Препринт 2693. Российская академия наук, Петербургский институт ядерной физики им. Б. П. Константинова. — 2006.
4. Андреев К. К., Беляев А. Ф. Теория взрывчатых веществ. — М.: Оборонгиз, 1960.

УДК 614.8

С. А. Усанович, главный инженер, ООО Центр безопасной жизнедеятельности "Защита", **Е. Г. Лумисте**, канд. техн. наук, проф., Брянская государственная сельскохозяйственная академия
E-mail: market@safetycenter.ru

Устройство локального пожаротушения как способ снижения риска возникновения чрезвычайных ситуаций на взрывопожароопасных объектах

Приведены оценка пожароопасности автозаправочных станций (АЗС), воздействия опасных факторов пожара на персонал и технологическое оборудование АЗС, способ снижения риска возникновения чрезвычайных ситуаций на взрывопожароопасных объектах в целом и АЗС в частности, результаты исследований и испытаний опытного образца устройства локального пожаротушения.

Ключевые слова: АЗС, пожар, чрезвычайные ситуации, риск, безопасность

Usanovich S. A., Lumiste E. G. The device of a local firefighting, as a way of decrease in risk of occurrence of emergency situations on fire objects.

The estimation of fire danger of gasoline stations (gas station), influences of dangerous factors of a fire on the personnel and the gas station process equipment, a way of decrease in risk of occurrence of emergency situations on fire objects in whole and the gas station in particular, results of researches and tests of a pre-production model of the device of a local firefighting is resulted.

Keywords: gasoline station, fire, emergency situation, risk, safety

Устойчивый рост потребления нефтепродуктов в связи с увеличением автомобильного парка страны влечет за собой стабильное развитие сектора

экономики, связанного с эксплуатационной деятельностью нефтепродуктообеспечения посредством автозаправочных станций (АЗС).

В соответствии с нормативными документами [1—3] АЗС категорируются как взрывопожароопасные объекты, на которых используются легковоспламеняющиеся и горючие жидкости.

Государственное регулирование обеспечения безопасности на стадиях размещения, проектирования, строительства, приемки и последующей эксплуатации АЗС осуществляют органы МЧС России в порядке реализации функций государственного пожарного надзора в соответствии с Федеральным законом [4] и изданными на его основании нормативно-правовыми документами.

Автозаправочные станции являются конечным звеном системы нефтепродуктообеспечения и представляют собой комплекс зданий с оборудованием, предназначенным для приема, хранения и выдачи нефтепродуктов транспортным средствам, продажи масел, консистентных смазок, а в некоторых случаях запасных частей, принадлежностей к транспортным средствам и оказания услуг владельцам транспортных средств.

На сегодняшний день 84,7 % хозяйствующих субъектов, эксплуатирующих АЗС, — это мелкие и средние компании. По данным Госпожнадзора, в большинстве городов России эксплуатация 70...95 % АЗС ведется с нарушениями пожарной безопасности, что приводит к возникновению

чрезвычайных ситуаций (ЧС), а именно: проливам нефтепродуктов, пожарам и взрывам.

К наиболее часто встречающимся нарушениям на АЗС в основном относятся:

- отсутствие системы контроля взрывоопасных концентраций газовой среды;
- неукрепленность материалами для ликвидации возможных аварийных ситуаций;
- несоответствие противопожарных разрывов нормативам;
- непригодность резервуаров к дальнейшей эксплуатации;
- отсутствие пожарных щитов, первичных средств пожаротушения;
- несвоевременное проведение или вовсе непроведение инструктажа по пожарной безопасности с работниками АЗС;
- отсутствие дымовых пожарных извещателей и автоматической пожарной сигнализации.

Кроме того, на АЗС зачастую отсутствуют:

— план-схема ближайших водоисточников с указанием расстояний до них и дебитов водоисточников;

— план эвакуации людей и транспортных средств с территории АЗС, согласованный с государственной противопожарной службой;

— журнал учета регламентных и ремонтных работ, проводимых на системах молниезащиты, и т. д.

Статистический анализ аварийных ситуаций, по данным Ростехнадзора, показал, что почти 60 % всех зарегистрированных пожаров и возгораний на АЗС связаны с выходом в окружающее пространство нефтепродуктов при разгерметизации оборудования АЗС или разрушении автоцистерны (АЦ) во время проведения основных технологических операций. Подобные виды аварий на АЗС влекут за собой воспламенение и быстрый перенос опасных факторов пожара по растекающемуся топливу. При этом открытое пламя и тепловое излучение воздействуют на людей и близлежащие объекты с последующим развитием аварии в случае, если вовлеченное в аварию оборудование содержит опасные вещества [5].

При этом АЦ нередко оказываются непосредственно в очаге пожара, что в большинстве случаев приводит к ее взрыву и/или образованию "огненного шара" с последующими катастрофическими последствиями для персонала и окружающей среды. Данные виды аварийных ситуаций приводят к травмам и гибели людей, сопровождаясь, как правило, значительным материальным ущербом.

К возможным причинам чрезвычайных ситуаций при операциях с нефтепродуктами на АЗС — приеме (сливе), хранении в резервуарах, перекачке между технологическими объектами по трубопроводам, выдаче (отпуске) — заправке автомобильного транспорта через топливораздаточные колонки (ТРК), учете количества нефтепродуктов — от-

носятся нарушения и отклонения в технологии этих операций, а также грубейшие нарушения правил безопасности [6].

Чрезвычайные ситуации возможны при переливе топлива в процессе заполнения резервуара; возникновении взрывоопасной среды в технологической системе АЗС при ее эксплуатации и ремонте; появлении источника зажигания в местах образования горючих паровоздушных смесей; механическом повреждении технологического оборудования АЗС с последующей его разгерметизацией; разгерметизации топливной системы транспортного средства; противоправных действиях людей, диверсионных и террористических актах.

К возможным источникам проливов нефтепродуктов на территории АЗС относятся: резервуарный парк АЗС; технологическое оборудование АЗС (технологические трубопроводы, ТРК); автотранспорт, заправляемый на АЗС, а также АЦ, используемые для доставки нефтепродуктов.

Обобщая вышеизложенное, на территории АЗС можно выделить основные объекты с точки зрения взрывопожароопасности. К ним относятся: 1) разгрузочная площадка; 2) заглубленный склад топливосмазочных материалов (ТСМ); 3) заправочная площадка.

Предварительный анализ аварийности на АЗС показывает, что к наиболее вероятным сценариям развития ЧС, вызванных проливами нефтепродуктов, относятся пожары проливов на разгрузочной и заправочной площадках, а к наиболее опасным — взрыв АЦ на разгрузочной площадке с последующим образованием "огненного шара".

В таблице приведены наиболее вероятные и опасные источники техногенных ЧС на территории АЗС, определенные на основании расчетов [7, 8], а также степень их влияния на персонал объекта и окружающую среду. В качестве опасного вещества, участвующего в аварийных ситуациях, принимается наиболее распространенный вид топлива — бензин.

Каждый из рассмотренных сценариев аварий предполагает воздействие опасных факторов пожара и/или взрыва на людей и близлежащие объекты с последующим развитием аварии в случае, если вовлеченное в аварию оборудование содержит опасные вещества.

Анализ реализации различных сценариев развития аварийных ситуаций на объектах нефтепродуктообеспечения, сопровождающихся проливами нефтепродуктов и формированием опасных концентраций топливовоздушных смесей (ТВС) его паров, показал, что в 50 % случаев подобных аварийных ситуаций пары бензина рассеиваются в атмосфере без пожара или взрыва [9]. На долю же пожаров проливов приходится 20 %, а на образование "огненного шара" — 10 % случаев реализации сценариев аварий.



**Наиболее вероятные источники техногенных ЧС на территории АЗС
и степень их влияния на окружающую среду**

Сценарий ЧС	Вероятность, год ⁻¹	Источники ЧС	Степень влияния на персонал и окружающую среду
Пожар пролива АЦ	$4,4 \cdot 10^{-7}$	Разгрузочная площадка при полной разгерметизации АЦ	Термическое поражение персонала объекта, возгорание АЦ и прочих объектов АЗС из-за действия теплового излучения пожара пролива
Взрыв паров бензина АЦ	$6,6 \cdot 10^{-7}$	Разгрузочная площадка при полной разгерметизации АЦ	Барические поражения персонала объекта, разрушение АЦ и прочих объектов АЗС из-за действия избыточного давления взрыва пролива
"Огненный шар" АЦ	$5,6 \cdot 10^{-7}$	Разгрузочная площадка при полной разгерметизации АЦ	Термическое поражение персонала объекта, возгорание АЦ и прочих объектов АЗС из-за действия теплового излучения пожара пролива "огненный шар"
Пожар пролива ТРК	$1,2 \cdot 10^{-6}$	Заправочная площадка при срыве шланга ТРК	Термическое поражение персонала объекта, водителей автотранспортных средств и пассажиров, возгорание ТРК, автомобилей и прочих объектов АЗС из-за действия теплового излучения пожара пролива

Тушение пожаров на подобных объектах связано со значительными трудностями, кроме того, пожары наносят значительный материальный ущерб и сопровождаются человеческими жертвами.

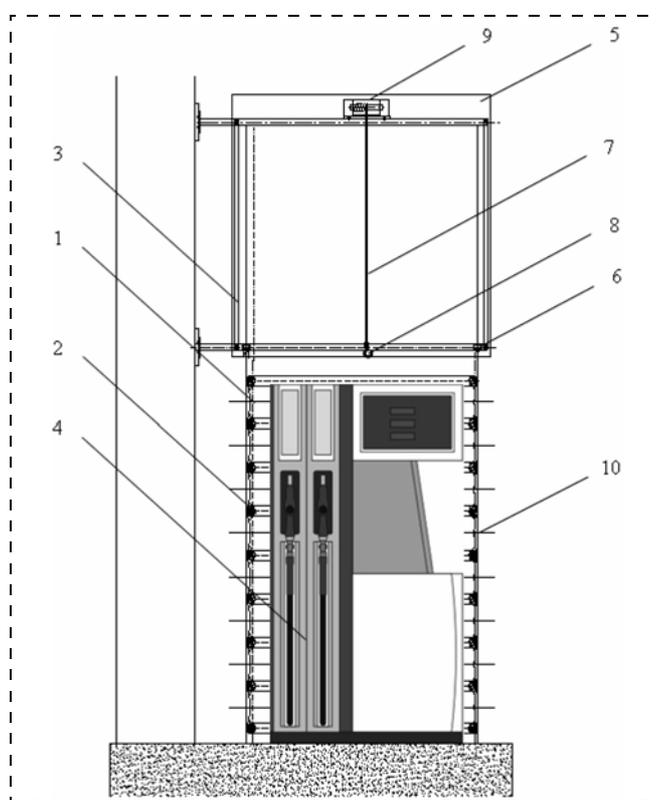
На сегодняшний день существуют множество методов, обеспечивающих безопасность пожароопасных производственных объектов, в том числе и АЗС. Ими определены порядок действий производственного персонала при возникновении ЧС и способы предупреждения, локализации и ликвидации возможных аварийных ситуаций. Анализ показал, что зачастую эти методы не используются на практике из-за ряда причин: административные барьеры; низкая эффективность производственного контроля в организациях, эксплуатирующих подобные объекты; "наложение" требований документации по пожарной безопасности и их противоречие друг другу; некачественное выполнение документов по предупреждению и ликвидации аварийных ситуаций и как следствие — их неэффективность и бесполезность; отсутствие внедрения новых технологий обеспечения взрывопожаробезопасности и т. д.

Также остаются малоизученными и не находят широкого применения ввиду ограниченного использования устройства локального пожаротушения, поскольку, как правило, объекты снабжены только первичными средствами пожаротушения, а их возможностей недостаточно для эффективной борьбы с огнем.

В качестве одного из возможных инженерно-технических решений по локализации источников эскалации аварийных ситуаций, а именно повышения эффективности ограничения области локального пожаротушения для обеспечения безопасности персонала объекта и снижения или полного исключения ущерба от пожара защищаемого технологического оборудования, предлагается использование запатентованного устройства локального пожаротушения (патент № 99974, зарегистрирован 10.12.2010).

Это устройство (см. рисунок) может быть использовано для пожаротушения (локализации и ликвидации) очагов возгорания на территории топливозаправочного комплекса (ТЗК) или АЗС, а также любого другого технологического оборудования, размещенного на открытых площадках или в помещениях.

Устройство локального пожаротушения выполняется в виде несгораемой завесы, образующей над очагом пожара замкнутый объем. Несгораемая завеса состоит из одного слоя огнестойкого материала, выполненного в виде закрытого купола с



Устройство локального пожаротушения

ребрами-утяжелителями переменной массы, расположенными в горизонтальной плоскости и перемещающимися вниз по вертикальным направляющим под воздействием силы тяжести после активации стопорного устройства (автоматически или по сигналу оператора АЗС), расположенного в подвесном механизме, установленном в коробе непосредственно над защищаемым оборудованием, при этом внутренняя граница формируемой площади локального пожаротушения находится на определенном расстоянии от поверхности защищаемого оборудования для гарантированного охвата его и создания герметичного замкнутого объема, обеспечивающего ограничение доступа кислорода в зону горения.

В исходном положении сложенный закрытый купол 1, удерживаясь стопорным устройством 6, расположен в коробе 5 непосредственно над защищаемым оборудованием 4. Ребра-утяжелители 2 в данном положении плотно прилегают друг к другу. После активации стопорного устройства 6 освободившиеся ребра-утяжелители 2 из короба 5 подвесного механизма 3 по направляющим 10 под воздействием силы тяжести падают вниз, при этом раскрывается купол 1 из огнестойкого материала и изолирует зону горения (защищаемое оборудование — ТРК) от доступа воздуха. Таким образом, зона горения локализуется (ограничивается) до воздействия на источник пожара огнетушащих средств или же горение полностью прекращается без использования данных средств.

Для возврата устройства в исходное положение электролебедкой 9 приводят в действие систему подъема 7, предварительно фиксируя крюк 8 на ребре-утяжелителе, находящемся в нижней части закрытого купола, при этом ребра-утяжелители 2 поднимаются по направляющим 10, купол 1 складывается в короб 5 подвесного устройства 3 и фиксируется стопорным устройством 6.

Таким образом, предлагаемое устройство локального пожаротушения позволяет:

1) локализовать возможное горение при возгорании или пожаре защищаемого оборудования за счет ограничения зоны горения и предотвратить распространение пожара при его возникновении на объекты, расположенные в непосредственной близости от защищаемого оборудования;

2) ликвидировать возможное горение защищаемого оборудования за счет ограничения доступа кислорода в зону горения;

3) повысить эффективность защиты оборудования от распространения возникшего возгорания в непосредственной близости от него за счет снижения воздействия теплового излучения пожара путем активации устройства локального пожаротушения;

4) снизить негативное воздействие на окружающую среду продуктов горения бензина и/или

дизельного топлива при возгорании защищаемого оборудования;

5) существенно снизить финансовые затраты на восстановление защищаемого оборудования или вообще их избежать;

6) снизить потенциальный территориальный риск пожароопасного объекта путем оборудования всех объектов защиты, находящихся на нем, устройством локального пожаротушения;

7) повысить безопасность труда персонала объекта, снизив индивидуальный риск.

На основании теоретических исследований и расчетов, а также испытаний опытного образца устройства локального пожаротушения, проведенных на базе ООО Центр безопасной жизнедеятельности "Защита", установлено, что эффективность пожаротушения объекта защиты с использованием устройства возросла до 82 %, а эффективность защиты объекта от внешнего воздействия интенсивности теплового излучения пожара пролива (в зависимости от материала закрытого купола) соответствует 94...98 % по сравнению с объектами защиты, на которых устройство локального пожаротушения не используется.

Оборудование пожароопасных объектов в целом и АЗС в частности устройствами локального пожаротушения позволит снизить их взрывопожароопасность путем невозможности эскалации аварийных ситуаций за счет своевременного ограничения зоны пожара и нераспространения пламени на соседнее оборудование, что, в свою очередь, приведет к снижению вероятности риска возникновения чрезвычайных ситуаций на территории объекта защиты.

Список литературы

1. ГОСТ Р 22.0.05—94. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.
2. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывной и пожарной опасности.
3. Положение о лицензировании деятельности по эксплуатации пожароопасных производственных объектов", утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 12.08.2002 № 595.
4. Федеральный закон О пожарной безопасности от 21.12.1994 № 69-ФЗ.
5. Экологическая безопасность применения нефтепродуктов в сельскохозяйственном производстве / С. В. Пирогов [и др.]. — Брянск: Изд-во Клиновская городская типография, 2003. — 591 с.
6. НПБ 111-98. Автозаправочные станции. Требования пожарной безопасности: офиц. текст. — М.: Гос. предпр. Центр проектной продукции массового применения, 2001. — 30 с.
7. ГОСТ Р 12.3.047—98. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
8. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах. Утверждена приказом МЧС России от 10.06.2009 № 404.
9. Брушлинский Н. Н. Моделирование пожаров и взрывов / Н. Н. Брушлинский, А. Я. Корольченко. — М.: Изд-во Ассоциация "Пожнаука", 2000. — 482 с.

УДК 618.33:613.953

Е. Д. Берестенко, канд. мед. наук, доц., **А. А. Желтиков**, д-р мед. наук, проф.,
Ю. И. Григорьев, д-р мед. наук, проф., Тульский государственный педагогический
университет им. Л. Н. Толстого
E-mail: elena-ber@mail.ru

Влияние экологических условий Тульской области на динамику ростовых показателей новорожденных девочек

Представлены результаты анализа длины тела (ростовых показателей) новорожденных девочек Тульской области, а также динамика ростовых показателей с интервалом 17 лет. Полученные данные могут быть использованы при организации профилактической работы среди населения в разных по экологическим условиям регионах.

Ключевые слова: экологические условия, длина тела, новорожденные

Berestenko E. D., Zheltikov A. A., Gri-goryev Y. I. Influence of environmental conditions of Tula region on dynamics of growth indicators of newborn girls

This article discusses the results presented analysis of the growth indicators of newborn girls in Tula region. The dynamics of indicators of body length presented with an interval of 17 years. These data can be used in the organization of prevention work among the population living in different environmental conditions in the region.

Keywords: environmental conditions, body length, the newborn

Введение

Одной из важнейших задач здравоохранения является изучение изменений в состоянии здоровья населения. Анализ результатов таких исследований позволяет оценить влияние факторов окружающей среды на популяцию, наметить пути сохранения и укрепления здоровья людей. Как известно, здоровье закладывается с молодых лет, а точнее — "с пеленок". На основании данных о состоянии здоровья новорожденных можно предсказать, насколько уязвимым к внешнему неблагоприятному воздействию окажется следующее поколение. По мнению некоторых авторов, подавляющее большинство заболеваний в раннем неонатальном периоде и течение болезни в более

старшем возрасте представляют собою пролонгированную патологию эмбриона и плода [7].

Кроме того, показатели новорожденных отражают внутриутробное формирование организма, а это позволяет оценить дальнейшее развитие человека. Длина и масса тела для новорожденного являются единственными критериями уровня соматической зрелости. Эти же показатели и их соотношение считаются важнейшими интегративными характеристиками морфофункционального статуса человека на протяжении всей его жизни.

Поскольку наиболее интенсивный рост будущего ребенка происходит во время беременности, внутриутробные факторы имеют существенное значение. Если в течение этого периода происходит нарушение питания плода, ребенок может родиться с дефицитом роста и/или низкой массой тела относительно срока гестации (вынашивания). Однако здесь следует обратить внимание на то, что большинство детей (85...90 %), имеющих задержку внутриутробного развития в анамнезе, в дальнейшем в течение первых 2 лет жизни демонстрируют опережающие темпы роста и по этому показателю догоняют своих сверстников. Оставшиеся 10...15 %, не имея высоких темпов развития, на протяжении всего детства остаются маленького роста. Они не достигают генетически прогнозируемого конечного роста и оказываются в числе низкорослых взрослых [4].

Тульская область является территорией с высоким уровнем антропогенного загрязнения, однако не имеет статуса территории чрезвычайной экологической ситуации [5]. По степени загрязнения она уступает только столичному региону. По расположению промышленных предприятий, ландшафтным характеристикам, загрязнению территории радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС ее можно условно разделить на две части — экологически более благоприятную северо-западную и антропогенно загрязненную юго-восточную [2, 6].

Целью исследования является изучение динамики длины тела новорожденных с учетом места рождения и постоянного проживания их матерей в разных по эколого-ландшафтным условиям районах Тульской области. По полученным данным был проведен срав-

нительный анализ показателей длины тела новорожденных девочек и девушек, рожденных и выросших на территории областного центра и в юго-восточной и северо-западной зонах области.

Материалы и методы

Были проанализированы показатели длины тела новорожденных девочек, рожденных на территории Тульской области в 1988—1990 гг. и в 2008—2010 гг. Одновременно были произведены замеры роста 750 девушек-студенток 17—18 лет 1-го курса Тульского педагогического университета.

Данные получены из индивидуальных карт беременных и родильниц, а также при выкопировке показателей из амбулаторных карточек девушек-студенток, рожденных и до поступления в вуз постоянно проживавших на территории Тульской области. Всего было проанализировано 285 индивидуальных карт беременных и родильниц и 510 амбулаторных карт девушек-студенток. Из выборки были исключены карты беременных и родильниц со сроком гестации менее 37 недель. По месту постоянного проживания женщин и девушек были сформированы три группы — северо-западная (С-3), юго-восточная (Ю-В) и Тульская — областной центр (Т). При оценке длины тела новорожденных был использован метод центильных интервалов [3].

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием методов вариационной статистики компьютерной программы Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Как известно, длина тела новорожденного — показатель, отражающий процессы роста при внутриутробном развитии плода. Масса же тела ребенка при рождении свидетельствует о развитии костно-мышечного аппарата и подкожно-жировой клетчатки. У доношенных новорожденных детей рост колеблется от 46 до 60 см. В среднем длина тела новорожденного составляет 48...52 см, но адаптивными показателями считают 50...52 см. При отставании в массе и длине тела от гестационного возраста неблагоприятные условия существования плода наблюдаются в конце первого и начале второго триместра беременности [1].

При оценке средних показателей длины тела новорожденных девочек, рожденных в 1988—1990 гг. и в 2008—2010 гг., достоверной разницы в показателях не установлено (см. таблицу). В 1990-е годы отмечалась тенденция к большей длине тела у девочек, рожденных на юго-востоке области, у новорожденных на территориях северо-запада вариативность этого признака была меньше, чем у девочек г. Тулы и экозоны Ю-В. По прошествии десятилетий показатели роста этих же девушек свидетельствуют о наличии тенденций к увеличению у студенток, рожденных на северо-западе области. Здесь же наблюдается большая, по сравнению с другими экозонами, вариативность этого признака. Аналогичные тенденции можно отметить и у новорожденных девочек экозоны С-3 2008—

Сравнительные показатели длины тела новорожденных девочек и роста девушек в зависимости от места рождения и постоянного проживания

Территория области	Новорожденные 2008—2010 гг.	Новорожденные 1988—1990 гг.	Девушки 17 лет 1988—1990 гг.
С-3	53,61 ± 2,09	52,26 ± 1,86	165,57 ± 4,70
Тула	52,89 ± 1,75	51,74 ± 2,07	164,02 ± 4,32
Ю-В	52,24 ± 2,41	52,84 ± 2,06	164,07 ± 4,21

2010 гг. рождения. Они также крупнее, чем их сверстницы из областного центра и юго-востока области. При этом вариативность длины тела оказалась у них выше, чем у новорожденных г. Тулы, но меньше, чем у детей, рожденных на юго-востоке области.

Несколько иная картина наблюдается при более детальном анализе показателей с помощью центильных интервалов. В этом случае можно отметить следующие закономерности. В неблагоприятных по экологическим показателям зонах юго-востока области и г. Тулы прослеживается увеличение количества девочек, чья длина тела при рождении попадает в крайние центильные интервалы, причем разброс показателей наиболее выражен в экозоне "Ю-В". При сравнении количества новорожденных, чья длина тела вошла в первый центильный интервал между экозонами Ю-В и С-3 и экозонами Ю-В и Тула были выявлены достоверные различия (коэффициент Фишера равен 3,458 при сравнении Ю-В и Тула или 2,885 при сравнении С-3 и Ю-В). В областном центре и на северо-западе области численность девочек, чья длина тела была меньше 47,5 см, была незначительной, тогда как на юго-востоке области таких было 12,56 %. В экозоне Ю-В и в г. Туле каждая четвертая новорожденная имела длину тела, попадающую в шестой центильный интервал, в то же время на северо-западе таких девочек было 15 %. Обращает на себя внимание практически симметричное смещение распределения показателей у новорожденных данной зоны в сторону большей длины тела (рис. 1 — см. 2-ю стр. обложки).

Колебания длины тела новорожденных девочек 1988—1990 гг. рождения имеют некоторое сходство с показателями детей, родившихся 20 лет спустя. На юго-востоке области также регистрировалось большое количество детей, чей рост попадал в крайние центильные интервалы, однако более симметрично выглядит распределение показателей длины тела у новорожденных областного центра. У девочек, рожденных на северо-западе области, не было отмечено показателей роста, попадающих в первый центильный коридор, однако столь значительного смещения распределения в сторону большей длины тела, которое наблюдалось у детей 2008—2010 гг. рождения, среди них отмечено не было (рис. 2 — см. 2-ю стр. обложки).

Кроме того, проведен сравнительный анализ показателей роста этих же девушек по истечении 17-летнего интервала (рис. 3 — см. 3-ю стр. обложки).



Установлено, что среди девушек, рожденных и проживавших на экологически неблагоприятных юго-востоке области и в г. Туле, сохраняется увеличение количества показателей, попадающих в крайние центильные коридоры. В то же время выяснено, что в областном центре, как и 17 лет назад, регистрируется увеличение количества девушек, имеющих очень высокий рост, а в экозоне Ю-В таких девушек выявлено в процентном отношении значительно меньше, хотя различия оказались и недоверенными. Распределение показателей на экологически благоприятном северо-западе области носит правильный синусоидальный характер, хотя 17 лет назад у новорожденных этой экозоны отмечалось увеличение количества детей с малой и большой длиной тела.

Выводы

Рассматривая динамику показателей длины тела новорожденных и роста девушек, можно предположить, что большая вариативность признаков длины тела, сохраняющаяся и в возрасте 17 лет у девушек, рожденных на юго-востоке Тульской области, вызвана, скорее всего, влиянием экологически неблагоприятных факторов. Увеличение количества новорожденных, чья длина тела попадает в крайние центильные интервалы, наблюдается в выборках с интервалом 17 лет, т. е. имеет место долговременная тенденция распределения показателей длины тела у новорожденных.

Увеличение количества девочек с очень большой или очень маленькой длиной тела при рождении в экозоне С-3 в возрасте 17—18 лет уступает место правильному синусоидальному распределению данных роста. Это свидетельствует о том, что в данном случае на развитие девушек северо-запада области оказывают влияние удовлетворительные санитарно-гигиенические и природно-климатические факторы, а также более благоприятная экологическая обстановка, чем на их сверстниц из областного центра и юго-востока области.

Список литературы

1. **Дьяченко В. Г.** Руководство по социальной педиатрии / В. Г. Дьяченко, М. Ф. Рязкина, Л. В. Солохина, 2010 [Электронный ресурс] URL: [www: medlinks.ru](http://www.medlinks.ru), дата обращения 1 февраля 2011 г.
2. **Желтиков А. А.** Экологическое состояние и здоровье жителей Тульской области / А. А. Желтиков. — Москва—Тула: изд-во ТГПУ им. Л. Н. Толстого, 1999. — 92 с.
3. **Мазурин А. В.** Пропедевтика детских болезней / А. В. Мазурин, И. М. Воронцов. — М.: Фолиант, 2000. — 542 с.
4. **Нагаева Е. В.** Рост как критерий здоровья ребенка / Е. В. Нагаева // Педиатрия. Журнал имени Г. Н. Сперанского. — 2009. — Т. 87. — № 3. — С. 58—62.
5. **Ревич Б. А.** "Горячие точки" химического загрязнения окружающей среды и здоровье населения России / Под ред. В. М. Захарова. — М.: Акрополь, Общественная палата РФ, 2007. — 192 с.
6. **Реестр** растительного покрова Тульской области / Л. Ф. Тарарина [и др.]. — Тула, 1989. — Т. 1. — С. 134—135.
7. **Сизова О. Г., Рысева Л. Л.** Прогностическая ценность определения перинатальных факторов риска у новорожденных // Вятский медицинский вестник. — 2009. — № 2. — С. 64—65.

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, Стромынский 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

Дизайнер *Т. Н. Погорелова*.

Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *З. В. Наумова*

Сдано в набор 12.09.11. Подписано в печать 25.10.11. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч-изд. л. 8,15. Заказ 771.

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

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Отпечатано в ООО "Подольская Периодика". 142100, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, 15.