



# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

10(142)  
2012

**Редакционный совет:**

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

**Главный редактор**  
РУСАК О. Н.

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

**Ответственный секретарь**

ПРОНИН И. С.

**Редакционная коллегия:**

БЕЛИНСКИЙ С. О.  
ИВАНОВ Н. И.  
КАЛЕДИНА Н. О.  
КАЧАНОВ С. А.  
КАЧУРИН Н. М.  
КЛЕЙМЕНОВ А. В.  
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н.  
КСЕНОФОНТОВ Б. С.  
КУКУШКИН Ю. А.  
МАЛАЯН К. Р.  
МАСТРЮКОВ Б. С.  
МИНЬКО В. М.  
МИРМОВИЧ Э. Г.  
ПАНАРИН В. М.  
ПОЛАНДОВ Ю. Х.  
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г.  
ФРИДЛАНД С. В.  
ХАБАРОВА Е. И.  
ШВАРЦБУРГ Л. Э.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Шестаков Ю. Г., Лактионов К. С., Гаврикова Е. И., Васильев В. В. Разработка методики экспресс-мониторинга условий и безопасности труда . . . . . 2

### ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Мамаев В. К., Власов Е. Н. Влияние неравномерности углового шага лопаток диффузора центробежного нагнетателя на уровень шума . . . . . 5

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Бадалян Л. Х., Курдюков В. Н., Алейникова А. М., Борисова Л. В. Эффективность мероприятий по защите экосистемы города от техногенного воздействия автотранспорта . . . . . 7  
Почерников В. И. Теоретические и прикладные проблемы производства экологически безопасных моющих средств . . . . . 14  
Худякова Л. И., Войлошников О. В. Использование отходов горной промышленности в качестве минерального порошка . . . . . 18

### ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

Лумисте Е. Г., Шмигирилов С. Н., Панов М. В. Малогабаритные установки для приготовления компоста . . . . . 20  
Масленикова И. С., Ковалев В. Н., Ероных О. Н. Предотвращение выбросов паров ртути в атмосферу . . . . . 23

### ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Кукушкин Ю. А., Дворников М. В., Богомолов А. В., Матюшев Т. В., Поляков А. В. Математическое обеспечение рискометрии состояний человека в экстремальных и аварийных ситуациях, сопряженных с гипоксическим воздействием . . . . . 25

### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Андреев Н. И., Чемезов Е. Н. Состояние производственного травматизма на промышленных предприятиях Республики Саха (Якутия) . . . . . 34

### ОБРАЗОВАНИЕ

Костецкая Г. А. Основы безопасности жизнедеятельности в школе: возможности, проблемы и перспективы . . . . . 37

### ПРЕДСТАВЛЯЕМ КАФЕДРУ

Коршунов Г. И., Никулин А. Н., Афанасьев П. И. История развития кафедры "Безопасность производств" Национального минерально-сырьевого университета "Горный", г. Санкт-Петербург . . . . . 40  
Коршунов Г. И., Никулин А. Н., Соловьев В. Б. Исследование психофизиологического потенциала человека при подготовке горных инженеров . . . . . 44  
Ковшов С. В., Буддакова Е. Г., Истомин Р. С. Управление риском производственного травматизма на шахтах ОАО "СУЭК-Кузбасс" на основе комплексного статистического анализа факторов производственной среды . . . . . 47  
Ковшов С. В., Мирончук Д. П. Применение радоновой съемки в шахтах и рудниках . . . . . 51

### ИНФОРМАЦИЯ

Второй Международный форум по экологической безопасности и геронтологии (КНР. 26—29 июня 2012 г.) . . . . . 55

Приложение Музалевский А. А. Управление рисками

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

УДК 331.4

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

## Разработка методики экспресс-мониторинга условий и безопасности труда

*Рассмотрена методика экспресс-мониторинга условий и безопасности труда с использованием 9-канального измерительного блока, комплектуемого компактными датчиками для регистрации параметров условий труда, позволяющего производить единовременные замеры и осуществлять автоматизированную обработку данных.*

**Ключевые слова:** экспресс-мониторинг, условия и безопасность труда, компьютерный комплекс, измерительные блоки, измерительные датчики

**Shestakov J. G., Laktionov K. S., Gavrikova E. I., Vasilev V. V. Development methods of express-monitoring of working conditions and safety**

*The technique of express-monitoring of conditions and safety, using a 9-channel measuring unit, featuring a compact sensors for recording parameters of working conditions, allowing a one-time measurements to produce and implement an automated data processing.*

**Keywords:** express-monitoring of the conditions and safety, computer system, measuring units, measuring sensors

В настоящее время в России и международной практике разработано и применяются несколько подходов для оценки параметров условий труда и профессиональных рисков [1].

В системе здравоохранения и в службах Роспотребнадзора России, в том числе при осуществлении социально-гигиенического мониторинга, используется метод, в качестве критерия оценки которого приняты показатели безвредных условий труда, предусматривающие сохранение жизни, здоровья, функциональных способностей организма, продолжительности жизни, а также здоровья будущих поколений.

Существенным недостатком этого подхода является исключение из элементов оценки факторов

риска, связанных с технологическими и организационными особенностями трудового процесса. При проведении оценки не учитывается риск получения травм от неисправного или заведомо опасного оборудования, риск, обусловленный неподготовленностью и некомпетентностью персонала, личностными его характеристиками, риск, связанный с неправильным использованием или отсутствием средств индивидуальной и коллективной защиты. Кроме того, не учитывается первоначальное функциональное состояние работника перед началом трудового процесса (отдохнувший или не отдохнувший), которое имеет принципиальное значение для прогнозирования рисков и результативности деятельности.

Другая методология, разработанная и применяемая МОТ при построении систем управления охраной труда и профессиональной безопасностью персонала, подразумевает идентификацию опасностей и оценку рисков с помощью экспертной оценки. К недостаткам этого подхода можно отнести, помимо игнорирования первоначального состояния работника, высокую степень зависимости конечного результата оценки от экспертного мнения лиц, осуществляющих идентификацию опасностей и ранжирование рисков, а также отсутствие однозначных механизмов, связанных с оценкой инструментально измеряемых факторов производственной среды.

Основным мероприятием, обеспечивающим в настоящее время мониторинг условий и безопасности труда и их улучшение в России, является аттестация рабочих мест по условиям труда. В рамках аттестации рабочих мест по условиям труда проводятся инструментальные измерения и экспертные оценки производственных факторов, рассчитываются классы опасности по отдельным факторам и общий класс по совокупности всех факторов, имеющихся на рабочем месте. Отдельно оцениваются травмобезопасность рабочего места, а также соответствие обеспеченности работников

**Разница в показаниях стандартных приборов и предлагаемых датчиков**

Измеряемые параметры, единица измерения	Стандартные приборы	Предлагаемые датчики
Температура воздуха, °С	26,9 ± 0,2	27,4 ± 0,07
Влажность воздуха, %	36,2 ± 0,42	35,4 ± 0,28
Освещенность, лк	331 ± 8,50	315 ± 5,40

средствами индивидуальной защиты (СИЗ) установленным нормам бесплатной выдачи.

Аттестация рабочих мест по условиям труда не лишена отдельных методических недостатков. В ее процессе однозначно классифицируются только риски от производственных факторов и не производится их сопоставление с фактическим состоянием здоровья работника и его функциональным состоянием перед началом работы. Механизм оценки травмобезопасности не способен в полной мере охватить все возможные пути травмирования работника от оборудования и от опасностей, определяемых состоянием производственной среды. В то же время это пока единственная процедура, способная адекватно оценить совокупность производственных рисков и разработать на этой основе комплекс мероприятий, направленных на повышение безопасности труда.

Между тем исследования кафедры "Безопасность жизнедеятельности" на производстве Орловского аграрного университета показывают, что степень аттестованности рабочих мест по аграрному сектору области не превышает 11 %, т. е. не достигает даже того минимального уровня (20 %), который способен обеспечить уровень приемлемого риска [2]. Это вызывает необходимость разработки новых низкочастотных методик экспресс-мониторинга условий и безопасности труда.

В качестве технического средства для проведения экспресс-мониторинга условий и безопасности труда предлагается компьютерный комплекс KDP-UP1000, состоящий из измерительных блоков "Про" KDM-1001, датчиков для контроля параметров окружающей среды и программного обеспечения для регистрации и анализа исходных данных.

Данный комплекс обладает следующими возможностями:

- производить замеры параметров условий труда в полевых условиях, благодаря портативности элементов и автономности электропитания;
- осуществлять измерения одновременно по нескольким параметрам и в нескольких повторностях;
- автоматически обрабатывать результаты измерений;
- сократить продолжительность оценки параметров условий труда на одном рабочем месте по сравнению с традиционными методами, по меньшей мере, втрое.

Проведенные исследования свидетельствуют о высокой чувствительности датчиков. Данные, полученные с помощью данного комплекса и стандартных приборов, применяемых при аттестации рабочих мест (МЭС-5, Октава 101АМ, люксметр ТКА-ПКМ), отличаются не более чем на 5 %, что

не выходит за пределы величины аналитической ошибки (табл. 1).

При проведении замеров комплект подключается к ноутбуку. Поскольку при анализе вредных производственных факторов в агропромышленном производстве количество значимых параметров производственной среды составляет, по меньшей мере, 9, предлагается увеличить каналность существующего измерительного устройства и дополнительно оснастить его тремя измерительными блоками, заключенными в единый корпус. Данное решение позволит одновременно проводить замеры 9 параметров условий труда. Предлагается использовать датчики температуры (KDS-1031), влажности (KDS-1008), скорости движения воздуха (KDS-1032), освещенности (KDS-1033), шума (KDS-1012), вибрации (KDS-1015), загазованности (KDS-1044), запыленности воздуха рабочей зоны (KDS-1023) и электропроводности (KDS-1038).

Выбор параметров условий труда, подлежащих измерению, осуществляется в соответствии с данными табл. 2.

Для удобства использования измерительного комплекса предлагается переносной 4-секционный контейнер для блоков "Про" KDM-1001. Три секции занимают измерительные блоки, четвертая служит для соединительных шнуров. Контейнер изготовляется из листового ПВХ по ГОСТ 9639—71. Он состоит из двух частей, в каждой находится по две ячейки, высланные изнутри тканой вентиляционной сеткой и самовосстанавливающимся поролоном марки 3045 по ГОСТ 29089—91, обеспечивающим надежное закрепление измерительных блоков в ячейке.

Перегородки между ячейками выполнены из того же материала. Нижняя часть контейнера снабжена четырьмя подставками из одностороннего скотча толщиной 5 мм. В боковых частях контейнера имеются отверстия для разъемов измерительных датчиков. Контейнер закрывается и защелкивается на магнитный замок (ГОСТ 5089—2003), прикрепленный к корпусу с помощью саморезов (ГОСТ 11652—80). Отверстия для разъемов измерительных датчиков имеют следующие размеры: 70 × 20 мм, отверстия для USB выходов — 20 × 20 мм. Снаружи контейнер декорирован уголком.



Таблица 2

## Контролируемые параметры условий труда в сельскохозяйственном производстве

Рабочее место	Измеряемый параметр								
	Температура воздуха	Влажность воздуха	Скорость движения воздуха	Освещенность	Шум	Вибрация	Запыленность	Загазованность	Микробный аэрозоль
Тракториста-машиниста сельхоз. производства	+	+	+	-	+	+	+	+	-
Мастера-наладчика по техобслуживанию машинно-тракторного парка	+	+	+	+	+	+	-	+	-
Животновода, операторов: машинного доения; животноводческих комплексов и механизированных ферм; птицефабрик и механизированных ферм	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Овощевода (закрытого грунта)	+	+	+	+	-	-	-	+	-
Бойца скота и другого персонала убойного цеха	+	+	+	-	-	-	-	-	+
Переработчика молока	+	+	+	-	+	-	-	-	-
Аппаратчика крупяного производства	+	+	+	+	+	-	+	-	-
Оператора цехов по приготовлению кормов	+	+	+	+	+	-	+	-	+

Ниже приведен алгоритм измерений параметров условий труда.

1. Включить компьютер, и по окончании загрузки операционной системы Windows, подготовить датчики к подключению и подключить измерительные блоки. Загрузить программу Microsoft Office Excel, и в ней запустить Science Cube(s).

2. Перейти в опцию "настройка эксперимента" и проверить правильность подключения датчиков по различным каналам. В интервальном окне настройки эксперимента нажать ввод и установить "интервал сбора данных". Нажав кнопки "применить" и "подтвердить", закрыть окно.

3. В интервальном окне Science Cube(s) "Эксперимент" нажать кнопку "начать эксперимент" и наблюдать сбор данных. По мере накопления необходимого количества данных, нажать кнопку "остановить эксперимент".

4. Закрыть окно "Эксперимент", обработать полученные данные с помощью функций Excel.

Замена приборов, традиционно применяемых для аттестации рабочих мест на предлагаемый комплекс, позволяет сэкономить около 633 тыс. руб.,

а также снизить трудоемкость проведения измерений различных параметров условий труда по точкам контроля. Кроме того:

- сокращается время снятия замеров более чем в 10 раз, так как регистрация данных осуществляется одновременно по всем девяти показателям;
- увеличивается скорость комплексной обработки данных в 5 раз, так как все данные автоматически обрабатываются компьютерной программой непосредственно после регистрации.

## Список литературы

1. **Охрана** труда: человеческий фактор и государственный контроль / Под ред. Н. П. Пашина и Н. А. Лысюка. — К.: ННИИПБОТ, 2008. — 116 с.
2. **Маношкин В. Ф.** Вопросы и проблемы при проведении мониторинга состояния условий труда и заболеваемости работников АПК Орловской области // Охрана труда, экология, пожарная безопасность, электробезопасность в агропромышленном производстве. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции "Концепция безопасности жизнедеятельности в агропромышленном комплексе": Сборник. — Орел: Изд-во ОрелГАУ, 2009. — 242 с.

УДК 534.322.3:62

**В. К. Мамаев**, ст. препод., **Е. Н. Власов**, проф.,  
 Российский университет дружбы народов, Москва  
 E-mail: v.k.mamaev@mail.ru

## Влияние неравномерности углового шага лопаток диффузора центробежного нагнетателя на уровень шума

*Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований влияния неравномерности углового шага лопаток диффузора на уровень шума и КПД центробежного нагнетателя. Даны рекомендации по выбору оптимальной амплитуды неравномерности углового шага лопаток диффузора.*

**Ключевые слова:** центробежный нагнетатель, лопатки диффузора, угловой шаг, амплитуда неравномерности, уровень шума

**Мамаев В. К., Власов Е. Н. Influence of non-uniformity of an angular step of diffuser's blades on a centrifugal supercharger on a level of sound pressure**

*Results theoretical and experimental researches of influence of non-uniformity of an angular step of diffuser's blades on a level of noise and efficiency of a centrifugal supercharger are submitted. Recommendations are given at the choice of optimum amplitude of non-uniformity of an angular step of diffuser's blades.*

**Keywords:** centrifugal supercharger, diffuser's blades, an angular step, amplitude of non-uniformity, a level of noise

Эффективным средством снижения тонального шума центробежного нагнетателя (ЦБН) является установка лопаток диффузора с переменным угловым шагом  $\alpha_i$  по косинусоидальной зависимости [1]:

$$\alpha_i = 2\pi/z_d - A_m \cos(n\alpha_{0i}), \quad (1)$$

где  $\alpha_i$  — текущий угловой шаг лопаток в диффузоре, град;  $\alpha_0 = 2\pi/z_d$  — угловой шаг при равномерном расположении лопаток, град;  $z_d$  — число лопаток диффузора, шт.;  $A_m$  — амплитуда угловой неравномерности шага по окружности лопаточного диффузора, град;  $n$  — число волн неравномерности (для диффузора  $n = 1$ );  $i$  — порядковый номер лопатки.

При наличии такой неравномерности от каждой из лопаток будут излучаться последовательные импульсы звукового давления через неравномерные промежутки времени, пропорциональные неравномерности шага.

Установка лопаток диффузора с переменным шагом дает возможность использовать его конструкцию с одной волной неравномерности  $\lambda$  по окружности. Применение одной волны неравномерности по окружности позволяет добиться более полной расфазировки элементарных источников акустических колебаний, а следовательно, и снижения уровня тонального шума при тех же или даже меньших амплитудах неравномерности по сравнению с несколькими волнами неравномерности по окружности. В рассматриваемом случае применение одной волны неравномерности возможно, так как максимальная амплитуда неравномерности ограничена требованиями сохранения эффективной работы диффузора.

При установке лопаток диффузора с переменным шагом межлопаточные каналы, имеющие различную конфигурацию, резонируют не одновременно, как в конструкции с равномерным размещением лопаток, а при различных частотах таким образом, что на каждом конкретном тоне резонируют только несколько каналов. Это снижает амплитуду резонанса по сравнению с конструкцией при равномерном шаге. Рассмотрим задачу оптимизации величины неравномерности углового шага лопаток диффузора для снижения уровня тонального шума ступени центробежного нагнетателя и параллельно исследуем вопрос изменения экономичности ступени.

Для выбора оптимальной величины амплитуды угловой неравномерности  $A_m$  были проведены испытания модели ЦБН с четырьмя вариантами значений  $A_m = 2^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ$  при углах наклона лопаток диффузора  $\gamma = 15^\circ$  и  $30^\circ$  по сравнению с равномерным шагом (при  $A_m = 0^\circ$  и  $\gamma = 0^\circ$ ). Геометрические параметры ступеней ЦБН приведены в таблице [1].

Геометрические параметры ступеней ЦБН

Элемент ступени	Угол		Высота лопаток, мм	Угол наклона $\gamma$	Число лопаток, шт.
	входной	выходной			
Рабочее колесо Диффузор	34°30'	48°	15,8	—	12/24
	22°30'	33°30'	22,8	15°; 30°	20

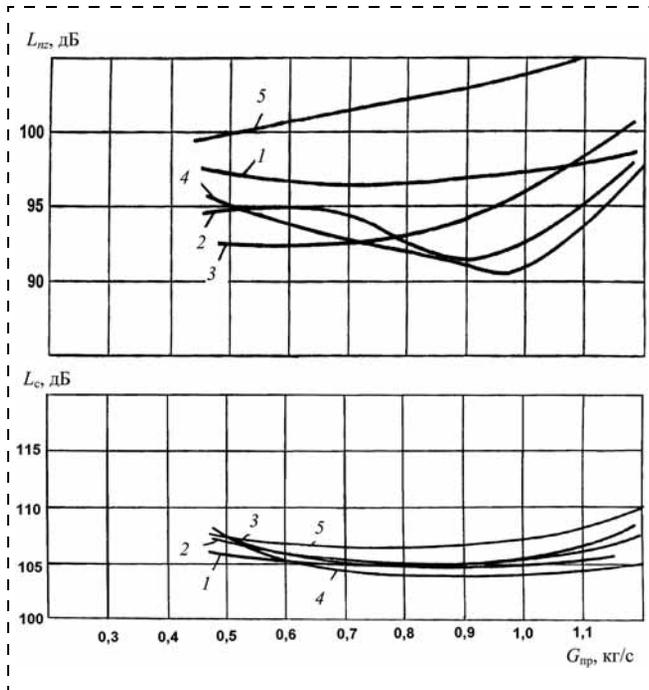


Рис. 1. Зависимости изменения тонального  $L_{nz}$  и суммарного  $L_c$  шума на частоте от расхода газа  $G_{np}$ :  
1, 2, 3, 4, 5 соответственно при  $A_m = 2^\circ, 4^\circ, 6^\circ, 8^\circ, 0^\circ$

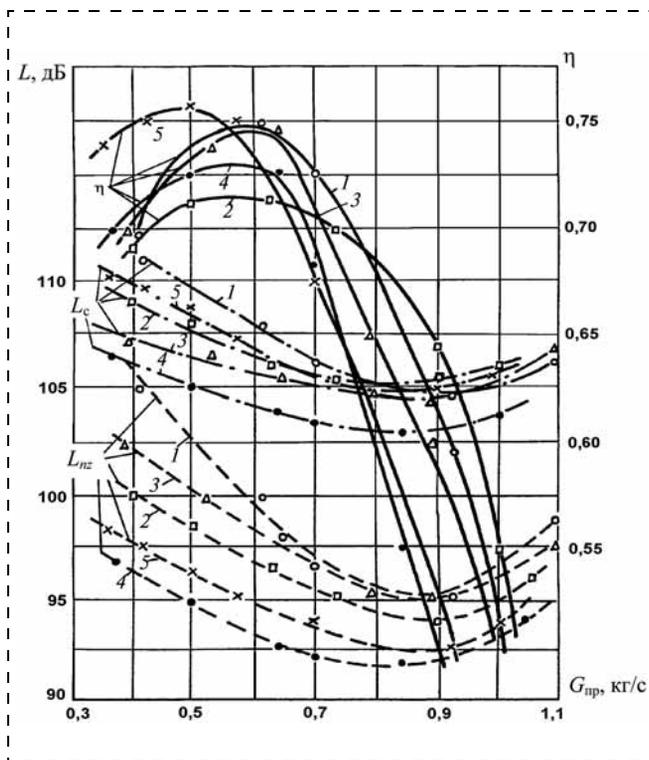


Рис. 2. Изменение тонального  $L_{nz}$ , суммарного  $L_c$  шума и КПД  $\eta$  ступени ЦБН в зависимости от расхода газа  $G_{np}$ :  
1 —  $\gamma = 0^\circ, A_m = 0^\circ$ ; 2 —  $\gamma = 15^\circ, A_m = 6^\circ$ ; 3 —  $\gamma = 0^\circ, A_m = 6^\circ$ ;  
4 —  $\gamma = 30^\circ, A_m = 6^\circ$ ; 5 —  $\gamma = 30^\circ, A_m = 0^\circ$

Изменение тонального  $L_{nz}$  и суммарного  $L_c$  уровней звукового давления в ступенях центробежного нагнетателя при различной амплитуде угловой неравномерности по шагу лопаток диффузора в зависимости от расхода газа показано на рис. 1.

Из рис. 2 видно, что уровень суммарного  $L_c$  шума снижается на 2...7 дБ, а тонального  $L_{nz}$  — на 3...8 дБ в зависимости от расхода газа. КПД исследованных ступеней практически остался прежним при изменении амплитуды угловой неравномерности шага лопаток диффузора. Однако при  $A_m = 8^\circ$  КПД ступени ЦБН снизился приблизительно на 2 % на номинальном режиме работы.

Анализ проведенных экспериментальных исследований показал, что для оценки влияния амплитуды неравномерности углового шага лопаток диффузора (для номинального режима) на уровень тонального шума целесообразно использовать формулу

$$\Delta L_{н.ш.} = 40 \lg I_0 \left[ 2\pi - \frac{A_m}{\alpha_0} \left( 1 - \frac{A_m}{\alpha_0} \right) \right], \quad (2)$$

где  $\Delta L_{н.ш.}$  — снижение уровня тонального шума при неравномерном угловом шаге лопаток, дБ;  $I_0$  — функция Бесселя нулевого порядка.

С точки зрения конструкции исполнения диффузора значение неравномерности по шагу лопаток должно быть  $A_m/\alpha_0 = 0,3...0,35$  [2].

Такое изменение амплитуды неравномерности определяется функцией Бесселя и неудобно для использования в расчетной практике. Поэтому результаты эксперимента (см. рис. 1) были обработаны и аппроксимированы новой [3] расчетной зависимостью:

$$L_{nz} = 20 \lg \left( \frac{P_k \cdot 10^{0,05 \sqrt{\lambda(A_m)}}}{1,4 \cdot P_0} \right), \quad (3)$$

где  $P_k$  — звуковое давление [1].  $P_k = \frac{1}{396,76 \sqrt{T}} \frac{F}{r \tau_1} \times$

$\times \sin \frac{\omega \tau_1}{2} \sin \frac{\omega \tau_2}{2} \lg 10^{0,05(7,1 - 141,7 \Delta S + 254,8 \Delta S^2)}$ ;  $T$  —

абсолютная температура окружающей среды, К;  $F$  — пульсационная аэродинамическая сила, Н;  $r$  — расстояние до точки замера, м;  $\tau_1, \tau_2$  — время действия переменной силы на тело, с;  $\omega$  — круговая частота следования импульсов,  $c^{-1}$ ;  $\lambda(A_m) = 0,188 A_m^2 - 2,81 A_m - 6,605$  — зависимость изменения пульсирующей аэродинамической силы от влияния амплитуды неравномерности распределения шага лопаток;  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па — пороговый уровень

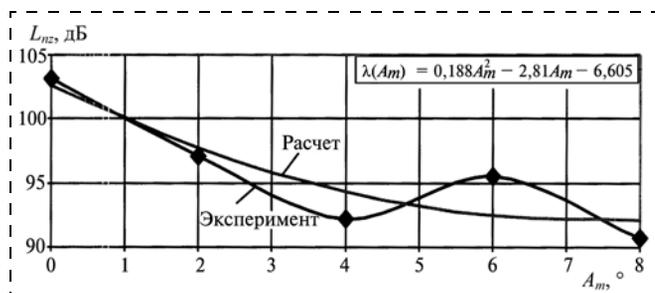


Рис. 3. Влияние амплитуды неравномерности углового шага лопаток диффузора  $A_m$  на тональный шум

звукового давления;  $\Delta S = \delta/R$  ( $\delta$  — радиальный зазор;  $R$  — радиус колеса).

На рис. 3 показаны рассчитанные по формуле (3) результаты, которые хорошо согласуются с результатами эксперимента и могут быть использованы в расчетной практике.

#### Список литературы

1. Власов Е. Н., Дедиков Е. В., Терехов А. Л., Цулимов С. В. Исследования шума лопаточных машин на компрессорных станциях магистральных газопроводов и способы его снижения. — М.: ИРЦ Газпром, 1998.
2. Зинченко В. Н., Григорьян Ф. Е. Шум судовых газотурбинных установок. — Л.: Судостроение, 1969.
3. Власов Е. Н., Кочергин А. О., Задорожный А. В. Оценка тонального шума центробежных нагнетателей при различных геометрических элементах проточной части // Газовая промышленность. — 2005. — № 2.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 504.5:656:006

Л. Х. Бадалян, канд. техн. наук, доц., В. Н. Курдюков, канд. экон. наук, доц.,  
А. М. Алейникова, асп., Л. В. Борисова, д-р техн. наук, проф.,  
Донской государственной технической университет, г. Ростов-на-Дону  
E-mail: alunia\_020788@mail.ru

### Эффективность мероприятий по защите экосистемы города от техногенного воздействия автотранспорта\*

*Предлагается метод определения эффективности природоохранных мероприятий по защите экосистемы города от техногенного воздействия автотранспорта, базирующийся на расчетах массового выброса загрязняющих веществ, экономического ущерба и экономической полезности до и после реализации вариантов защиты окружающей среды.*

**Ключевые слова:** коэффициент эффективности природоохранного мероприятия, варианты защиты окружающей среды, предельно допустимая нагрузка на экосистему, ассимиляционный потенциал, автотранспорт, эмиссия, отработавшие газы, выброс загрязняющих веществ в условных единицах массы, экономический ущерб, экономическая полезность, экономический эффект

**Badalyan L. K., Kurdjukov V. N., Aleynikova A. M., Borisova L. V. The efficiency of city ecosystem protection measures for the technogenic influence of motor vehicle**

*The determination method of efficiency of nature-conservative measures for the protection of urban ecosystem from man-caused impact of motor-vehicle is offered. It is based on the accounts of the mass flow of pollutants, economic damage and economic utility before and after realization of environmental protection options.*

**Keywords:** index of environmental measure efficiency, environmental protection options, maximum permissible load on the ecosystem, assimilatory capacity, motor-vehicle, emission, exhausted gases, mass flow of pollutants in the conventional units, economic damage, economic utility, economic effect

\* Исследования поддержаны РФФИ (11-06-00312-а) и грантом ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" в рамках научного проекта "Элементы эколого-экономической стратегии снижения ущерба от выбросов автотранспорта на территории"



## Регулирование числа автомобилей для экологически устойчивого развития территории

Все методы и средства защиты окружающей среды (ОС) от загрязнения автотранспортными средствами (АТС), начиная с разработки нормативов масс выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу до увеличения ассимиляционного потенциала экосистемы (способность зеленых насаждений, почвы, влаги атмосферы и воды водоемов, органических и неорганических веществ утилизировать ЗВ без ущерба для собственных функциональных особенностей), являются прерогативой государственных органов управления. Администрации разного уровня, совершенно не опираясь на научно обоснованные природоохранные мероприятия, как правило, проводят малоэффективную эколого-экономическую политику, негативно проявляющуюся особенно на урбанизированных ландшафтах. Тем не менее, одним из очевидных способов снижения техногенной нагрузки на локальных территориях является оптимизация состава транспортного потока.

Определение экологически приемлемого числа АТС по назначению и виду используемого топлива при реализации природоохранных мероприятий осуществляется заданием и нахождением через конечное число итераций по взаимосвязанным функциям допустимого уровня загрязнения, в качестве которого принимается предельно допустимая нагрузка (ПДН) ЗВ на экосистему. Под ПДН понимается масса выбросов поллютантов, которая позволяет исключить образование в воздухе концентрации ЗВ, опасной для человека и природы [1, 2]. Решение задачи в аналитическом виде представим выражением

$$F_i = \sum_{j=1}^s \sum_{k=1}^m M_{ijk} Q_{jk} P_{ijk}, \quad (1)$$

где  $F_i$  — стратегическая функция, выраженная дискретным значением ПДН на экосистему  $i$ -го поллютанта, усл. т/год;  $j$  — тип транспортного средства по назначению (легковой — Л, микроавтобус — МК, грузовой — Г, рейсовый автобус — А),  $j = 1 \dots s$ ;  $k$  — вид используемого автомобилем топлива (бензин — Б, дизельное — Д, газообразное — ГТ),  $k = 1 \dots m$ ;  $M_{ijk}$  — массовый выброс  $i$ -го ЗВ  $j$ -м транспортным средством, использующим  $k$ -е топливо, в зависимости от его эффективной мощности, усл. т/год [3];  $Q_{jk}$  — число АТС  $j$ -го типа, использующих  $k$ -й вид топлива, шт.;  $P_{ijk}$  — коэффициент, учитывающий влияние природоохранных мероприятий на эмиссию  $i$ -го поллютанта  $j$ -м типом АТС, использующим  $k$ -й вид топлива.

В связи с существенным различием поллютантов по степени опасности для сообщества биоор-

ганизмов показатели загрязнения атмосферного воздуха используются в относительных величинах, усл. т/год (произведение действительных масс выбросов ЗВ, т/год, на коэффициенты относительной агрессивности, усл. т/т, получаемые отношением ПДН оксида углерода к ПДН исследуемого ЗВ и рассчитанные для конкретной экосистемы [2]).

На этапе анализа поставленных задач администрация субъекта может пересмотреть стратегические показатели с учетом социально-экономической ситуации и перспектив развития территории. Итерации являются одним из методов нахождения приемлемой версии, которая утверждается в виде экологического норматива числа транспортных средств, допущенных к эксплуатации в условиях исследуемой экосистемы. Посредством такого рода действий осуществляются подсчет результатов вариантов достижения целей и анализ отклонений от принятой стратегии. В основе итоговых показателей выбросов ЗВ автомобилями лежат компьютерные эксперименты на моделях загрязнения атмосферного воздуха транспортным потоком, выполненные с помощью программных средств [4].

### Исходная информация для проведения компьютерного эксперимента

Данные о выбросах ЗВ автотранспортом определены с использованием следующей информации.

1. Репрезентативным субъектом анализа эмиссии поллютантов и ПДН на экосистему [5] выбран г. Ростов-на-Дону.

2. В качестве расчетного периода выбран 2008 г. Для последующих лет в официальной методике изменилась процедура определения масс выбросов ЗВ транспортными средствами в воздушный бассейн, затрудняющая их сравнение с предыдущими годами. Кроме того, за 2008 г. получены наиболее достоверные характеристики природной среды в пределах территории мегаполиса и статистические данные о составе транспортного потока на уличной дорожной сети [6].

3. Массовые выбросы десяти компонентов отработавших газов (ОГ): диоксида углерода —  $\text{CO}_2$ ; оксида углерода —  $\text{CO}$ ; оксидов азота —  $\text{NO}_x$ ; углеводородов —  $\text{C}_n\text{H}_m$ ; диоксида серы —  $\text{SO}_2$ ; альдегидов —  $\text{R}_x\text{CHO}$ ; сажи — С; топливной золы — ТЗ; соединений свинца — Pb; бенз(а)пирена —  $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ .

4. Средние скорости движения автомобилей по назначению: Л — 9,67 м/с, МК — 5,56 м/с, А — 4,31 м/с. Средняя скорость транспортного потока — 5,11 м/с.

5. Численность подвижного состава АТС в г. Ростове-на-Дону — 307 355 шт. (число эксплуатируемых транспортных средств определено на ос-

**Состав транспортного потока**

Автомобили по назначению и виду используемого топлива, %													
Л				МК				Г				А	
Б	Д	ГТж	ГТс	Б	Д	ГТж	ГТс	Б	Д	ГТж	ГТс	Б	Д
72	1,4	2,39	2,39	4,6	6,24	2	2	0,65	0,45	0,025	0,025	4,21	1,62

Примечание. ГТж и ГТс — сжиженное и сжатое ГТ.

Таблица 2

**Длительность работы двигателей автомобилей на различных режимах**

Автомобили по назначению	Режимы работы двигателей, %			
	Холостой ход	Разгон	Постоянная скорость	Торможение
Л	22	37	12	29
МК	26	38	10	26
Г	17	42	16	25
А	29	38	9	24

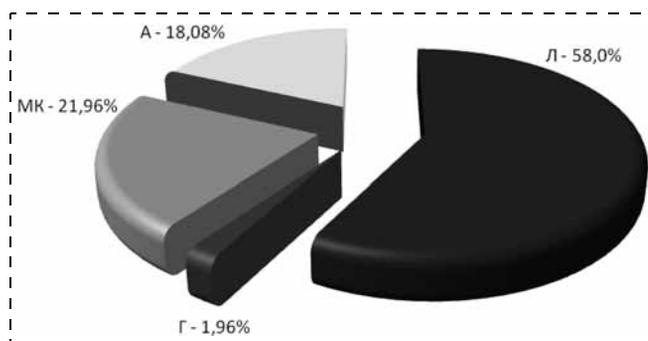
новании сведений ГИБДД о наличии и техническом состоянии автотранспорта на 1.01.2009 г.).

6. Состав транспортного потока по данным наблюдений [6] представлен в табл. 1.

7. Время работы на режимах двигателей автомобилей по назначению [6] показано в табл. 2.

**Анализ эмиссии ЗВ для принятия решений о целесообразности проведения природоохранных мероприятий**

Расчеты загрязнения атмосферного воздуха транспортным потоком позволили установить соотношение выбросов ЗВ транспортными средствами, использующими бензин, дизельное и газовое топ-


**Рис. 1. Массовый выброс ЗВ бензиновыми автомобилями**

ливо — 84,15, 15,28 и 0,57 % расхода компонентов сгорания смеси в условных единицах массы соответственно. Распределение эмиссии составляющих ОГ бензиновых автомобилей показано на рис. 1.

Для оценки негативного воздействия выбросов автотранспорта на ОС выбран экономический ущерб от каждого вредного, токсичного и канцерогенного вещества (сумма произведений условных масс выбросов  $i$ -го ЗВ  $j$ -ми транспортными средствами, использующими  $k$ -е топливо, на удельный экономический ущерб конкретной экосистеме [2]). Данные расчета приведены в табл. 3.

Таблица 3

**Расчет экономического ущерба ОС от выбросов ЗВ автомобилей**

ЗВ	ПДН, т/год	Коэффициент относительной агрессивности, усл. т/т	Массы выбросов АТС		Экономический ущерб $\gamma^* M_{ijk}$ , млн руб./год
			фактическая, т/год	$M_{ijk}$ , усл. т/год	
CO <sub>2</sub>	1420684	$13,37 \cdot 10^{-4}$	3754259,295	5019,445	484,532
CO	1899	1,0	95918,08	95918,08	9259,068
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	1185,5	1,6	1842,388	2947,821	284,556
R <sub>x</sub> CHO	711	2,67	38,987	104,095	10,048
SO <sub>2</sub>	201,5	9,42	1211,54	11412,707	1101,68
NO <sub>x</sub>	201,5	9,42	88704,355	835595,024	80660,823
C	41,38	45,89	2489,018	114221,036	11025,871
TЗ	7,04	269,74	395,074	106567,261	10287,044
Pb	2,1	904,3	383,207	346534,09	33451,282
C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0,007	271286	0,315	85455,09	8249,065
$\Sigma$				1603774,649	154813,969

\* Удельный экономический ущерб  $\gamma$  определяется расчетом и составляет  $96,531 \cdot 10^3$  руб./усл. т [7].



Таблица 4

Показатели эмиссии ЗВ автомобилей, использующих бензин

ЗВ	Выбросы АТС, усл. т/год	Доля от общего показателя, %	
		эмиссия <i>i</i> -го ЗВ	суммарный экономический ущерб
CO	91037,644	94,91	5,68
NO <sub>x</sub>	642347,747	76,87	40,05
C	92141,383	80,67	5,75
TЗ	88555,103	83,1	5,52
Pb	346534,09	100	21,61
C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	81485,906	95,45	5,08

В результате анализа показателей эмиссии в воздушный бассейн установлена необходимость сокращения массовых выбросов ЗВ прежде всего автотранспортом, использующим бензин. Наибольший вред экосистеме наносят выбросы CO (включение этого токсиканта в число особо агрессивных представляется корректным, так как его окисление естественным путем пополнит массу парникового газа CO<sub>2</sub>) и NO<sub>x</sub> — 45,73 %, а также твердых веществ C, TЗ, Pb, C<sub>20</sub>H<sub>12</sub> — 41,62 % экономического ущерба природной среде (табл. 4). Целесообразным является и снижение выбросов дизельных АТС (15,28 % экономического ущерба ОС).

**Порядок определения эффективности природоохранных мероприятий**

Для снижения негативного влияния ЗВ рассмотрим эффективность внедрения известных и не требующих дополнительной научно-технической проработки вариантов защиты ОС:

а) изменение времени работы двигателей легковых АТС на различных режимах (снижение длительности разгона на 10 % и увеличение длительности движения на постоянной скорости на 10 % от общего времени работы двигателей на различных режимах);

б) переход 50 % легковых бензиновых автомобилей на ГТ;

в) установка фильтров в системе выпуска ОГ на транспортные средства, использующие бензин и дизельное топливо (эффективность очистки от мелкодисперсных твердых частиц 70 %) [8].

Прогнозные результаты реализации приведенных вариантов (а, б, в) оцениваются на основании значений показателей (выброс ЗВ в условных единицах массы, экономический ущерб и экономическая полезность и т. д.) по следующему алгоритму.

1. Рассчитываются массовый расход ЗВ, образующихся с продуктами эмиссии АТС, и экономический ущерб, соответствующий выбросам загрязнителей, до и после реализации вариантов защиты ОС.

2. Итоговые значения показателей находим по формуле

$$R_z = \sum_{j=1}^s \sum_{k=1}^m \left( R_{ijk} \prod_{z=1}^Z p_{zijk} \right), \quad (2)$$

где  $R_z$  — значение показателя (условные массы выбросов или экономический ущерб) после осуществления  $Z$  природоохранных мероприятий, усл. т/год, млн руб./год;  $R_{ijk}$  — значение показателя, прямо или косвенно характеризующего эмиссию  $i$ -го поллютанта  $j$ -ми  $k$ -ми АТС до осуществления средозащитного действия, усл. т/год, млн руб./год;  $p_{zijk}$  — коэффициент, учитывающий влияние  $z$ -го природоохранного мероприятия на эмиссию  $i$ -го поллютанта  $j$ -ми АТС, использующим  $k$ -е топливо.

Коэффициент  $p_{zijk}$  является частным от деления показателей после реализации природоохранных мероприятий на значения соответствующих показателей до их осуществления.

Анализ результатов показал, что наиболее заметно реализация вариантов защиты ОС проявилась в уменьшении выбросов АТС, использующих бензин и дизельное топливо — на 54,07 % и 12,57 % соответственно. Массовые выбросы микропримесей автомобилями с двигателями на ГТ увеличились на 62,1 % (за счет повышения числа АТС с газовыми двигателями), хотя и составляют 1,75 % всей эмиссии ЗВ автотранспортом. Значения массового расхода поллютантов передвижными источниками эмиссии до и после проведения природоохранных мероприятий показаны на рис. 2.

Положительные тенденции в реализации природоохранных мероприятий выражены снижением (рис. 3) удельного значения массового выброса ЗВ (эмиссия, приходящаяся на единичный автомобиль), усл. т/(шт. · год).

Коэффициенты, учитывающие влияние рассматриваемых вариантов защиты ОС (включая итог трех мероприятий) на изменение массового

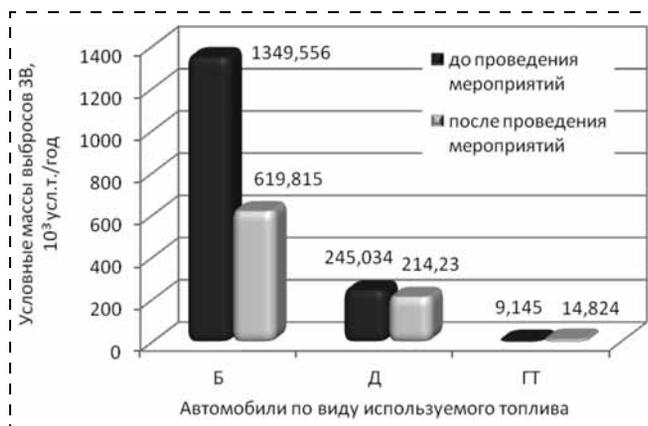


Рис. 2. Сравнение значений условных масс выбросов ЗВ автотранспортом

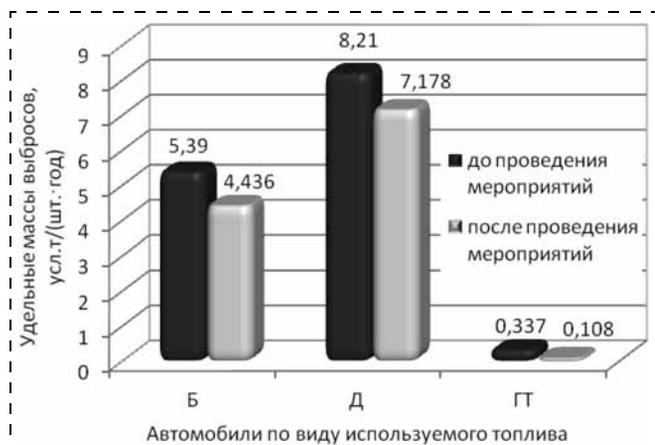


Рис. 3. Сравнение значений удельных масс выбросов ЗВ автотранспортом

Таблица 5

Коэффициенты, учитывающие влияние природоохранных мероприятий на выбросы ЗВ

ЗВ	$p_a$	$p_b$	$p_v$	$p_3$
CO <sub>2</sub>	0,914	0,767	1,0	0,722
CO	0,879	0,671	1,0	0,611
C <sub>x</sub> H <sub>m</sub>	0,929	0,788	1,0	0,743
R <sub>x</sub> CHO	1,0	1,0	1,0	1,0
SO <sub>2</sub>	0,979	0,955	1,0	0,943
NO <sub>x</sub>	0,938	0,797	1,0	0,765
C	0,94	0,77	0,3	0,224
T3	0,929	0,753	0,3	0,338
Pb	0,916	0,702	0,3	0,198
C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0,88	0,702	0,308	0,204
	0,926	0,76	0,716	0,529

Примечание.  $p_a, p_b, p_v, p_3$  – коэффициенты, учитывающие влияние вариантов (а, б, в) и итог природоохранных мероприятий соответственно (значения коэффициентов приведены с учетом округлений).

выброса транспортными средствами каждого из ЗВ, показаны в табл. 5.

Для варианта (а) сокращение выбросов микропримесей (исключение составляет R<sub>x</sub>CHO), характеризующееся значениями коэффициентов  $p_a$ , явля-

ется следствием снижения эффективной мощности двигателя автомобиля, содержания компонентов в ОГ и его массового выброса. В целом, суммарный коэффициент, учитывающий снижение антропогенной нагрузки на экосистему, менее значимый из всех и составляет 0,926.

В результате реализации варианта (б) уменьшение значений эмиссии ЗВ обусловлено увеличением числа АТС, использующих ГТ с априори низкими концентрацией микропримесей в ОГ и их массовым выбросом ( $p_b = 0,76$ ).

Установкой фильтров в системе выпуска ОГ (вариант б) достигается ожидаемое снижение массового выброса мелкодисперсных твердых частиц. Реализация этого варианта позволяет получить наилучший, суммарный коэффициент, учитывающий влияние природоохранного мероприятия,  $p_3 = 0,716$ .

Результат внедрения трех природоохранных мероприятий характеризуется высоким суммарным показателем снижения негативного влияния компонентов сгорания смеси на ОС —  $p_3 = 0,529$ .

Небольшое количество и неизменность массового выброса альдегидов объясняется следующим образом: образование R<sub>x</sub>CHO в ОГ может быть следствием окисления богатой или бедной рабочей смеси на режимах запуска и прогрева двигателя, поэтому появление этого токсиканта при движении автомобиля в транспортном потоке (во время остановок работа двигателя продолжается на холостом ходу) маловероятно [9].

Для принятия решений о выборе вариантов экологической программы необходим детальный анализ коэффициентов эффективности природоохранных мероприятий с точки зрения эксплуатации тех или иных автомобилей по назначению и виду используемого топлива. В качестве примера в табл. 6 показаны значения таких коэффициентов для легковых автомобилей, по приведенным выше причинам выбросы альдегидов не рассматриваются.

Коэффициенты, по величине превышающие единицу и учитывающие влияние природоохран-

Таблица 6

Значения коэффициентов эффективности природоохранных мероприятий для легковых АТС

ЗВ	ЛБ			ЛД			ЛГТж			ЛГТс		
	а	б	в	а	б	в	а	б	в	а	б	в
CO <sub>2</sub>	0,822	0,5	1,0	0,866	1,0	1,0	0,772	8,531	1,0	0,801	8,531	1,0
CO	0,816	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	2,126	8,531	1,0	1,8	8,531	1,0
C <sub>x</sub> H <sub>m</sub>	0,861	0,5	1,0	0,756	1,0	1,0	0,742	8,531	1,0	0,726	8,531	1,0
SO <sub>2</sub>	0,792	0,5	1,0	0,849	1,0	1,0	—	—	—	—	—	—
NO <sub>x</sub>	0,854	0,5	1,0	0,814	1,0	1,0	0,824	8,531	1,0	0,847	8,531	1,0
C	0,872	0,5	0,3	0,91	1,0	0,3	0,769	8,531	1,0	0,906	8,531	1,0
T3	0,859	0,5	0,3	0,794	1,0	0,3	—	—	—	—	—	—
Pb	0,859	0,5	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0,805	0,5	0,3	0,835	1,0	0,3	0,805	8,531	1,0	0,848	8,531	1,0

Примечание. Прочерк соответствует отсутствию или недостоверности информации о содержании поллютантов в ОГ.



ных мероприятий для АТС с газовыми двигателями в варианте а, являются следствием снижения мощности единичного автомобиля и соответствующего ей повышения концентрации массового выброса CO [9]. Несмотря на многократное повышение эмиссии ЗВ газовых двигателей (за счет увеличения их числа в транспортном потоке) при внедрении варианта б, выбросы поллютантов в целом значительно снижаются, что объясняется существенной разницей между эмиссией ЗВ бензиновыми и газовыми двигателями.

Расчитанные коэффициенты (см. табл. 6) подставляются в выражение (1), после чего при известных  $F_i$  и  $M_{ijk}$  определяется экологически приемлемое для эксплуатации на территории города число АТС.

### Экономическая эффективность реализации природоохранных мероприятий

Для успешного осуществления программы защиты ОС необходимо сравнение экономической эффективности вариантов защиты с использованием информации об экономическом ущербе, экономической полезности (разность экономических ущербов до и после осуществления природоохранных мероприятий) и количественной оценки совокупных затрат.

Значения экономического ущерба, рассчитанного по итогам реализации вариантов защиты ОС, приведены в табл. 7. Результаты анализа данных свидетельствуют о заметном снижении экономического ущерба экосистеме после проведения природоохранных мероприятий варианта а — на 7,37 %, перевод 50 % легковых бензиновых АТС на ГТ — на 23,97 %, установка фильтров — на 28,61 %, трех мероприятий — на 49,2 %.

Целью расчета экономической полезности природоохранных мероприятий является определение положительных изменений, содействующих устойчивому развитию территории мегаполиса [5]. Увеличение исследуемого показателя, отраженное в табл. 8, является следствием снижения техногенного воздействия ЗВ на экосистему города.

Наименьшим по суммарному значению экономической полезности природоохранным мероприятием является вариант а. Очевидно, для получения более существенных результатов при внедрении данного варианта необходимы более ощутимые изменения в организации движения автомобилей на уличной дорожной сети города. Два других варианта (б, в) программы защиты ОС выгодно отличаются от варианта а (см. табл. 8). Экономический ущерб ОС от реализации трех мероприятий служит промежуточным критерием целесообразности внедрения программы защиты ОС, а экономическая полезность — составляющей расчета годового экономического эффекта.

Для расчета экономического эффекта от внедрения природоохранных мероприятий приведем данные по затратам на их осуществление [5]: расходы на организацию варианта а не учитываются; на установку газового оборудования на 50 % легковых бензиновых АТС (стоимость одного комплекта в среднем 9200 руб.) потребуется 1017,96 млн руб./год; затраты на оснащение автомобилей, использующих бензин и дизельное топливо, фильтрами, составят 967,682 млн руб./год. В результате, годовой экономический эффект, представляющий собой разность экономической полезности и затрат равен 70878,362 млн руб./год.

Таблица 7

Экономический ущерб, соответствующий эмиссии ЗВ, в результате проведения природоохранных мероприятий

ЗВ	Экономический ущерб, млн руб./год			
	Варианты			Итого трех мероприятий*
	а	б	в	
CO <sub>2</sub>	442,917	371,536	480,532	349,911
CO	8138,355	6213,295	9259,068	5656,006
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	264,357	224,186	28,556	211,287
R <sub>x</sub> CHO	10,048	10,048	10,048	10,048
SO <sub>2</sub>	1078,051	1052,099	1101,679	1038,788
NO <sub>x</sub>	75649,461	64322,104	80650,823	61680,717
C	10364,113	8484,778	3326,754	2473,591
T3	9558,277	7742,03	3086,105	2211,992
Pb	30633,563	23492,215	10035,385	6624,99
C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	7253,259	5786,102	2536,006	1684,814
Σ	143392,401	117698,393	110514,956	78642,144

\* Значения получены по формуле (2) с учетом коэффициентов, представленных в табл. 6.

Экономическая полезность от внедрения природоохранных мероприятий

ЗВ	Экономическая полезность, млн руб./год			
	Варианты			Итого трех мероприятий*
	а	б	в	
CO <sub>2</sub>	41,615	112,996	0	134,621
CO	1120,713	3045,773	0	3603,062
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>	20,199	60,37	0	73,269
SO <sub>2</sub>	23,628	49,658	0	62,891
NO <sub>x</sub>	5011,362	16338,719	0	18980,106
C	661,767	2541,102	7699,126	8552,289
TЗ	728,741	2544,988	7200,913	8075,026
Pb	2817,719	9959,067	23415,897	26826,292
C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	988,003	2455,16	5705,256	6556,448
Σ	11413,747	37107,833	44021,192	72864,004

\* Значения представляют собой разность экономических ущербов (см. табл. 3 и 7) до и после проведения природоохранных мероприятий.

### Выводы

Представленное исследование свидетельствует о том, что реализация природоохранных мероприятий не позволяет обеспечить выбросы ЗВ автотранспортом в пределах ассимиляционного потенциала природной среды. Наиболее заметное превышение отмечается для твердых веществ (в 17,7 раза), CO (в 30,7 раз), NO<sub>x</sub> (336,6 раза). Используя в качестве ограничения ПДН на экосистему NO<sub>x</sub> (при этом достигается допустимое воздействие других ЗВ) можно обеспечить эксплуатацию в черте города не более 0,3 % от действительного числа автомобилей.

Весьма существенное снижение числа эксплуатируемых АТС может негативно сказаться на социально-экономической сфере жизнедеятельности мегаполиса. Вероятно, следует постепенно сокращать численность автотранспорта, дифференцированно выдавая разрешения на его использование прежде всего для общественного транспорта и АТС специального назначения (пожарные, медицинские, полицейские). При этом необходимо разработать экологическую программу увеличения ассимиляционного потенциала экосистемы, разработки и применения дополнительных эффективных природоохранных мероприятий.

### Список литературы

1. Бадалян Л. Х., Курдюков В. Н. Методика расчета экологически приемлемого числа автотранспортных средств для устойчивого развития территорий сельскохозяйственного пользования // Материалы Междунар. научн.-практ. конф. "Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения", 2009. — Ростов н/Д: РГАСХМ ГОУ, 2009. — С. 491—492.

2. Бадалян Л. Х., Курдюков В. Н. Метод определения предельно допустимой нагрузки техногенных выбросов на экосистему территории // Проблемы региональной экологии. — 2008. — № 4. — С. 39—44.
3. Бадалян Л. Х. Оптимизация характеристик транспортного потока на городской дорожной сети по минимальному экономическому ущербу экосистеме // Безопасность жизнедеятельности. — 2011. — № 8. — С. 24—29.
4. Метод расчета масс выбросов загрязняющих веществ единичным автомобилем и транспортным потоком на участке дорожно-транспортной сети: программа для ЭВМ. Гос. регистрация № 2011610741 от 11.01.11 / Бадалян Л. Х., Курдюков В. Н., Лебедев А. Р. — М.: Роспатент, 2011.
5. Курдюков В. Н. Формирование эколого-экономической стратегии снижения ущерба от выбросов загрязняющих веществ автотранспортом: теоретико-аналитический инструментарий: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.05 / ЮФУ. Рукоп. — Ростов н/Д, 2009. — 170 с.
6. Бадалян Л. Х., Курдюков В. Н. Статистическая оценка результатов экспериментальных исследований характеристик транспортного потока // Инновационные технологии и процессы производства в машиностроении: Междунар. сб. научн. тр. — Ростов н/Д, 2008. — С. 203—205.
7. Бадалян Л. Х., Курдюков В. Н., Алейникова А. М. Расчетные параметры экологической выносимости территории для оценки экономического ущерба природной среде // Сб. статей по результ. Междунар. научн.-практ. конф. в рамках VII Промышленного конгресса юга России "Инновационные технологии в машиностроении и металлургии" (7—9 сентября, 2011, Ростов-н/Д). — Ростов-н/Д: ДГТУ, 2011. — С. 525—531.
8. Бадалян Л. Х., Курдюков В. Н. Модель процесса фильтрации отработавших газов автомобилей // Безопасность жизнедеятельности. — 2008. — № 8. — С. 23—26.
9. Бадалян Л. Х., Курдюков В. Н., Алейникова А. М. и др. Теоретико-аналитические основы безопасности экосистем в условиях загрязнения воздушного бассейна автотранспортом // Материалы 14-й Междунар. научн.-практ. конф. "Техносферная безопасность, надежность, качество, ресурсосбережение", РГСУ, 2012. — Ростов н/Д. — Новомихайловский. — Т. 1. — С. 308—316.



УДК 532.696

**В. И. Почерников**, канд. техн. наук, зав. лабораторией,  
Всероссийский Научно-Исследовательский институт жиров Российской  
сельскохозяйственной академии, г. Санкт-Петербург  
E-mail: soap555@rambler.ru

## Теоретические и прикладные проблемы производства экологически безопасных моющих средств

*Приведены результаты исследования потребительских свойств твердых туалетных мыл. Показаны новые методы оптимизации их производственных рецептур.*

**Ключевые слова:** твердое мыло, рецептура, лауриновая кислота, миристиновая кислота

**Pochernikov V. I. Theoretical and applied problems industrial of ecologically safe detergent**

*Results of research of consumer properties of firm toilet soaps are resulted. New methods of optimisation of their industrial compoundings are shown.*

**Keywords:** firm soap, compounding, lauric acid, myristic acid

### Введение

К настоящему времени развитие экологии как науки актуализировало вопрос безопасности потребителей при использовании моющих средств личной гигиены. По химической природе эти средства разделяются на два вида — синтетические и натуральные.

Составы шампуней, различных моющих средств для принятия ванн, мытья тела и пр. в виде жидких или гелеобразных товарных продуктов содержат, как правило, в качестве основного моющего компонента поверхностно-активные вещества (ПАВ), полученные методом химического синтеза (в частности, популярные сейчас лурилсульфат натрия и лауретсульфат натрия). Слабыми сторонами синтетических ПАВ являются недостаточная биоразлагаемость и способность вызывать различные формы раздражения и аллергий кожи человека.

Единственным безвредным для жизнедеятельности человека по-прежнему остаются натуральные мыла на жировой основе (в частности, твердое туалетное мыло), что подтверждается многолетней практикой их использования и результатами многочисленных исследований их потребительских свойств.

Именно поэтому, как показывает мировой опыт, твердое туалетное мыло занимает домини-

рующее и стабильное положение в гигиене человека. В частности, в странах ЕС объем продаж мыла составляет 60...70 % от емкости рынка, в Японии — почти 100 %, так как и жидкие моющие средства также создаются на основе натуральных ПАВ.

Эпидемиологическую безопасность страны связывают в первую очередь с производством кусковых мыл на жировой основе. Высокая концентрация основного ПАВ — до 82 % в пересчете на жирные кислоты (у жидких моющих средств — около 20 %), отсутствие необходимости в специальной таре для индивидуального хранения, длительный срок хранения без ухудшения основных свойств, составляющий 8—12 лет, высокая биоразлагаемость кусковых мыл, делает безальтернативными синтетические ПАВ.

В данной статье дается анализ некоторых появившихся в последние годы негативных тенденций в производстве отечественных твердых мыл и предложены пути их преодоления.

### Нормативные требования

Физико-химические и органолептические показатели отечественного твердого туалетного мыла регламентированы требованиями действующего ГОСТ 28546—2002 "Мыло туалетное твердое. Общие технические условия".

В перечень основных физико-химических показателей входят: качественное число (масса жирных кислот в пересчете на номинальную массу куска 100 г), массовая доля содопродуктов в пересчете на  $\text{Na}_2\text{O}$ , %, температура застывания жирных кислот, выделенных из мыла (титр), °С, массовая доля хлористого натрия, %. Показатель "первоначальный объем пены, см<sup>3</sup>" является справочным и приведен в "приложении А". Обязательные органолептические показатели включают: внешний вид, форму, цвет, запах, консистенцию.

Методики определения данных показателей приведены в ГОСТ 790—89 "Мыло хозяйственное твердое и мыло туалетное. Правила приемки и методики выполнения измерений".

Показатели, позволяющие определить или количественно оценить моющую способность и удельный расход твердого (кускового) туалетного мыла указанными стандартами не предусмотрены.

Показатель "первоначальный объем пены, см<sup>3</sup>" мало информативен и не может служить количественным критерием моющего действия. Причем методика его определения, заключающаяся во встряхивании разбавленного (0,5...1,0 %) раствора мыла, не соответствует условиям образования пены при традиционном использовании кускового мыла и не связана с параметрами его моющей способности.

Номенклатура качественных показателей определена практикой сравнения разрабатываемых мыл с так называемым "эталонным" мылом, высокие потребительские свойства которого подтверждены историческим опытом. Рецепт "эталонного" мыла состоит из 75...85 % пищевого говяжьего жира (так называемого "ядрового" жира) и 25...15 % кокосового масла ("клеевого" жира) [1].

Состав жирных кислот в рецептуре "эталонного" мыла приведен в табл. 1. Величины рекомендуемых интервалов содержания жировых компонентов связаны с тем, что при вводе кокосового масла более 25 %, увеличивается раздражающее действие на кожу низкомолекулярных жирных кислот фракции C<sub>8</sub> (каприловой) и C<sub>10</sub> (каприновой), содержащихся в кокосовом масле, и увеличением расхода мыла в воде повышенной жесткости при вводе кокосового масла менее 15 %. При этом важным параметром является соотношение суммы насыщенных кислот к сумме ненасыщенных кислот, которое составляет 59...64 % к 41...37 %.

В производственных условиях допускается замена пищевого говяжьего жира другими видами жирового сырья близкого жирнокислотного состава: техническими жирами, жирами других животных, жирными кислотами животных жиров, дистиллированными жирными кислотами животных жиров и пр. В конечном итоге, качество готового промышленного продукта определяется ассортиментом имеющегося сырья и опытом мыловаров.

## Теоретические модели

В отличие от синтетических моющих средств, состоящих из смеси одного или двух ПАВ и функциональных добавок различной природы, твердое мыло является однородной системой, состоящей из смеси натриевых солей девяти природных жирных кислот-гомологов с 10...18 атомами углерода в гидрофобной цепи.

Основными являются соли лауриновой C<sub>12</sub>, миристиновой C<sub>14</sub>, пальмитиновой C<sub>16</sub>, стеариновой C<sub>18</sub> и олеиновой кислот C<sub>18</sub><sup>1=</sup>. Сопутствующими — соли каприловой C<sub>8</sub>, каприновой C<sub>10</sub>, линолевой C<sub>18</sub><sup>2=</sup>, линоленовой C<sub>18</sub><sup>3=</sup> кислот.

До настоящего времени методические вопросы экспериментальных исследований твердых мыл остаются серьезной проблемой. Так, при классической методике исследования многокомпонентных систем, заключающейся в исследовании характеристик каждого компонента, затем бинарных смесей с изменяющимся содержанием каждого компонента, затем тройных и так далее, для системы, состоящей из девяти солей, требуются более 360 тыс. экспериментов.

Этим объясняется тот факт, что теоретические представления о параметрах промышленных мыл основаны на исследованиях *индивидуальных* натриевых солей **основных** жирных кислот. В работах Розевера, Мадельмонта, Клуни и др. [2—4] методами рентгеноструктурного анализа и дифференциальной сканирующей калориметрии исследованы **только** индивидуальные соли кислот фракции C<sub>12</sub>—C<sub>18</sub> при их фазовых переходах в интервале температур от 0 до 300 °С и концентрациях от 0 до 100 %.

Описание исследований бинарных, тройных, четырехкомпонентных, пятикомпонентных и других систем, а также рецептурных смесей солей жирных кислот в научной и технической литературе не найдено.

Вопросы о степени влияния основных солей на химические, физико-химические, физико-механические, потребительские свойства и моющую эффективность твердых мыл остаются предметом дискуссий.

Таблица 1

Состав жирных кислот в рецептуре "эталонного" мыла

Показатель	Индекс и наименование жирной кислоты										Сумма, % насыщенных Ж.К.	Сумма, % ненасыщенных Ж.К.
	C <sub>8</sub> Каприловая	C <sub>10</sub> Каприновая	C <sub>12</sub> Лауриновая	C <sub>14</sub> Миристиновая	C <sub>16</sub> Пальмитиновая	C <sub>18</sub> Стеариновая	C <sub>16</sub> <sup>1=</sup> Пальмитолеиновая	C <sub>18</sub> <sup>1=</sup> Олеиновая	C <sub>18</sub> <sup>2=</sup> Линолевая	C <sub>18</sub> <sup>3=</sup> Линоленовая		
Массовая доля, %	1...2	1...2	7...12	5...7	24...23	20...17	—	36...32	1...3	—	59...64	41...37



## Экспериментальная часть

В настоящее время на отечественном сырьевом рынке недостаток собственных животных жиров компенсируется продуктами производства Малайзии — пальмовым маслом и пальмовым стеарином.

Как видно из данных табл. 2, пальмовый стеарин (пальмовое масло) и животный жир имеют незначительное количество жирных кислот с короткой углеводородной цепью. Разница в содержании пальмитиновой  $C_{16}$  и стеариновой  $C_{18}$  кислот в пальмовом масле и животном жире считается малазийскими специалистами **несущественным** фактором. Доминирующим, по их мнению, является примерно равное содержание насыщенных и ненасыщенных жирных кислот с длинной углеводородной цепью, что и обеспечивает идентичность свойств получаемых из них мыл.

Однако, по мнению специалистов других стран, к утверждению малазийских специалистов следует отнестись с известной долей осторожности, так как для получения высококачественного твердого мыла допустимой является только частичная замена животного жира.

В связи с этим научный и практический интерес представляло изучение взаимосвязи изменения жирнокислотного состава современных товарных мыл и их потребительских свойств.

Исследования образцов продукции разных производителей, проведенные в 2008—2009 гг., пока-

зали, что **при существующих методиках** разработки производственных рецептур, полная замена животного жира на малазийское сырье приводит к существенному снижению потребительских свойств твердого мыла [5]. По мнению автора, главной причиной явилось изменение содержания стеариновой и пальмитиновой кислот, что привело к снижению прочности кристаллической решетки твердого мыла.

Так, массовая доля стеариновой кислоты  $C_{18}^0$  в составе мыла уменьшилась в среднем на 260 %, и составила 4,6...8,5 % против 20...17 % в классической рецептуре. Массовая доля пальмитиновой кислоты  $C_{16}^0$  от интервала значений 23...24 % возросла на 173 % до величин 36,7...46,5 %. При этом суммарное содержание суммы пальмитиновой и стеариновой кислот не изменилось и находилось в интервале 57...62 %.

Тестирование исследованных образцов мыла по методике "поведение мыла в офисе" показало, что при сохранении моющей способности происходит увеличение фактического расхода мыла примерно в 1,5—2 раза (от 0,3 г до 0,45...0,6 г) [5].

С потребительской точки зрения это значит, что экономичность туалетного мыла существенно снизилась, и домохозяйки вынуждены покупать два куса мыла вместо одного.

Обзор в 2010—2011 гг. сырьевых баз мыловаренных предприятий позволил предположить, что отечественные производители стали одновременно использовать пальмовое сырье и технические животные жиры в рецептурах туалетных мыл. При этом зарубежные производители, не имея собственной базы животных жиров, начали совершенствование методик разработки рецептур, состоящих из пальмового стеарина и кокосового масла.

Наиболее эффективных результатов добились японские производители.

В табл. 3 приведены результаты исследований жирнокислотного состава и значения показателя "удельный расход мыла в граммах на одно умывание" образцов товарного твердого мыла отечественных производителей и фирмы "Nissan" (Япония). Использование говяжьего жира (до 35 % в рецептурах мыл № 1, № 3, № 5) можно объяснить только экономическими интересами производителей (более низкой стоимостью отечественных жиров), так как расход мыла остается по-прежнему высоким и составляет от 0,48 до 0,62 г.

Анализ японского мыла дает основание полагать, что удачное решение проблемы достигнуто сочетанием олеохимии и традиционных методов использования жирового сырья. Очевидно, взамен

Таблица 2

**Жирнокислотный состав и физико-химические показатели современных видов жирового сырья, используемых для производства твердого мыла**

Индекс и наименование жирной кислоты	Пальмовое масло	Животный жир	Пальмовый стеарин
$C_8^0$ Каприловая	—	—	—
$C_{10}^0$ Каприновая	—	—	—
$C_{12}^0$ Лауриновая	0,1...1,0 ср. 0,55	До 0,2	0,1...0,6 ср. 0,35
$C_{14}^0$ Миристиновая	0,9...1,5 ср. 1,2	2...8 ср. 6	1,1...1,9 ср. 1,5
$C_{16}^0$ Пальмитиновая	<b>41,8...46,8</b> <b>ср. 44,3</b>	<b>24...29</b> <b>ср. 26,5</b>	<b>47,2...73,8</b> <b>ср. 60,5</b>
$C_{18}^0$ Стеариновая	<b>4,2...5,1</b> <b>ср. 4,7</b>	<b>21...25</b> <b>ср. 23</b>	<b>4,4...5,6</b> <b>ср. 5</b>
$C_{18}^1$ Олеиновая	37,3...40,8 ср. 39,1	40...45 ср. 42,5	15,6...37,0 ср. 26,3
$C_{18}^2$ Линолевая	9,1...11,0 ср. 10,1	3...4 ср. 3,5	3,2... 9,8 ср. 6,5
Физико-химические показатели			
Титр, °С	40...45	38...40	46...54
Число омыления, мг КОН	191...203	193...198	193...206
Йодное число, $J_2$	51...55	35...48	22...46

**Результаты исследований жирнокислотного состава образцов товарного твердого мыла отечественных и зарубежных производителей**

Индекс и наименование жирной кислоты	Образцы мыла						
	Отечественные						Японские
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
C <sub>8</sub> Каприловая	1,4	1,1	1,3	0,8	1,2	1,8	—
C <sub>10</sub> Каприновая	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	1,0	—
C <sub>12</sub> Лауриновая	6,0	8,2	7,3	7,2	6,3	7,9	<b>17,9</b>
C <sub>14</sub> Миристиновая	3,9	6,0	5,9	4,4	3,6	5,6	<b>6,9</b>
C <sub>16</sub> Пальмитиновая	<b>41,9</b>	<b>41,1</b>	<b>35,8</b>	<b>42,2</b>	<b>36,8</b>	<b>39,5</b>	<b>42,5</b>
C <sub>18</sub> Стеариновая	<b>8,6</b>	<b>4,8</b>	<b>8,9</b>	<b>5,8</b>	<b>8,5</b>	<b>5,4</b>	<b>4,1</b>
C <sub>16</sub> <sup>1=</sup> Пальмитолеиновая	1,1	0,6	2,3	—	0,9	—	—
C <sub>18</sub> <sup>1=</sup> Олеиновая	26,4	28,5	28,5	29,3	31,9	28,3	24,7
C <sub>18</sub> <sup>2=</sup> Линолевая	4,5	7,6	6,3	7,8	9,2	7,4	3,6
C <sub>18</sub> <sup>3=</sup> Линоленовая	—	—	—	—	—	—	—
Не идентифицированные		0,7			0,5		0,3
Общая сумма, % насыщенных жирных кислот	62,9	62,2	60,2	61,3	57,3	61,2	<b>71,6</b>
Сумма C <sub>16</sub> <sup>0</sup> + C <sub>18</sub> <sup>0</sup> , %	50,5	45,9	44,7	48,0	45,3	44,9	46,6
Сумма, C <sub>12</sub> <sup>0</sup> + C <sub>14</sub> <sup>0</sup> , %	9,9	14,2	13,2	11,6	10,2	13,5	<b>24,8</b>
Расчетные рецептуры, %							
Жир говяжий	20,0	3,0	35,2	6	35,0	10,0	—
Пальмоядровое (кокосовое) масло	12,0	16,9	14,8	14	12,8	16,4	≈38 (условно)
Пальмовое масло	21,0	43,1	30,0	37	32,2	43,6	—
Пальмовый стеарин	47,0	37,0	20,0	48	20,0	30,0	≈62 (условно)
Потребительские свойства							
Удельный расход мыла в граммах на одно умывание	0,49	0,51	0,62	0,48	0,60	0,50	<b>0,31</b>
	0,39	0,39	0,48	0,38	0,47	0,38	<b>0,25</b>

кокосового (пальмоядрового) масла используется смесь лауриновой (преимущественно) и миристиновой кислот, полученных расщеплением и фракционированием этих масел, что позволяет вывести из состава исходного сырья низкомолекулярные насыщенные кислоты (каприновую, каприловую). Тем самым снимаются дерматологические ограничения, и одновременно компенсируется недостаток содержания стеариновой кислоты путем **увеличенного** ввода в состав мыла смеси (до 24,8 % вместо ср. 12,1 %) насыщенных кислот фракций C<sub>12</sub>—C<sub>14</sub>. При стандартном содержании лауриновой кислоты в кокосовом масле, равном 47 %, указанная замена эквивалентна вводу в рецептуру мыла кокосового масла в количестве 38 %.

В результате, вполне оправданное увеличение суммы насыщенных жирных кислот до значения 71,6 %, позволяет сохранить значение показателя

"удельный расход мыла в граммах на одно умывание на оптимальном уровне, равном 0,31 г.

#### Список литературы

1. **Руководство** по технологии получения и переработки растительных масел и жиров / Под общ. науч. ред. А. Г. Сергеева. — Л.: ВНИИЖ, 1975. — Т. 4. — 582 с.
2. **Rosevear F. B.** The Microscopy of the Liquid Crystalline Neat and Middle Phases of Soap and Synthetic Detergents // Am. Oil Chem. Soc. — 1954. — V. 31. — P. 628—639.
3. **Madlmont C., Perron R.** Etude du Systeme Laurate de Sodium-Eau par Analyse Thermique Differentielle. I. Le Savon Anhydre // Bull. Soc. Chim. (France). — 1973. — № 12. — P. 3259—3263.
4. **Clunie J. S., Corkill J. M., Goddman J. E.** The Structure of Lyotropic Mesomorphic Phases // Proc. Roy. Soc. (London). — Ser. A. — 1965. — V. 285. — P. 520—533.
5. **Почерников В. И.** Влияние измененной сырьевой базы на качественные показатели и потребительские свойства твердых туалетных мыл // Масложировая промышленность. — 2011. — № 4. — С. 36—37.



УДК 622.36.002.8

**Л. И. Худякова**, канд. техн. наук, науч. сотр. лаборатории,  
**О. В. Войлошников**, канд. техн. наук, вед. инж. лаборатории,  
Байкальский институт природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ  
E-mail: Lkhud@binm.bscnet.ru

## Использование отходов горной промышленности в качестве минерального порошка

*Рассмотрена возможность использования отходов горной промышленности в виде дунитов в качестве минерального порошка при производстве асфальтобетонов. Показано, что по физико-механическим характеристикам данные бетоны не уступают традиционным видам на минеральном порошке из карбонатных пород.*

**Ключевые слова:** минеральный порошок, асфальтобетон, дуниты, отходы горнодобывающих предприятий

**Khudyakova L. I., Voiloshnikov O. V.**  
*Use of mining waste as a mineral powder*

*The possibility of using mining waste in the form of dunite as a mineral powder in the manufacture of asphalt concretes are considered in the article. It is shown that on physical-mechanical characteristics these concretes are not inferior to the traditional kinds on mineral powder from carbonate rocks.*

**Keywords:** mineral powder, asphalt concretes, dunites, mining waste

По данным ГИБДД ежегодно на дорогах нашей страны происходит около 200 тыс. аварий. Из них каждая пятая — по причине неудовлетворительного состояния автомобильных дорог, обусловленного недостаточно высоким качеством дорожного покрытия. Между тем развитие современной науки позволяет расширить сырьевую базу дорожных строительных материалов за счет местных сырьевых ресурсов и отходов промышленности.

Важнейшим структурообразующим компонентом асфальтобетонов, влияющим на качество дорожного покрытия, является минеральный порошок. Однако в большинстве регионов России наблюдается дефицит этого материала. Поэтому, нередко, дорожные организации готовят асфальтобетон с уменьшенной долей минерального порошка или используют порошок невысокого качества, что сказывается на качестве и долговечности дорожных покрытий.

В то же время в стране скопилось достаточное количество отходов, в частности, горнодобываю-

щих предприятий. Находясь в отвалах, они образуют техногенные массивы, негативно влияющие на экологическую обстановку на прилегающих территориях. Под воздействием атмосферных явлений данные массивы являются источником загрязнения поверхностных и подземных вод, почвенного покрова, атмосферного воздуха и, как следствие, приводят к хроническим заболеваниям людей, проживающих на прилегающих территориях, к ухудшению качества их жизни.

Для уменьшения количества отходов и снижения негативного воздействия на окружающую среду необходимо вовлекать их в производство с получением высококачественной товарной продукции. Одним из направлений является применение отходов в качестве заменителей традиционных материалов при производстве асфальтобетонов, в частности, минерального порошка.

Минеральный порошок является важнейшим структурообразующим компонентом асфальтобетона. Его вид и качество во многом определяют эксплуатационные характеристики асфальтобетонов. Традиционно в качестве минерального порошка используют порошки из карбонатных горных пород: кальцита, известняка, доломита, обладающих высоким положительным потенциалом и большим количеством адсорбционных центров в виде катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ . При их взаимодействии с битумом образуются прочные связи, крепко удерживающие битумные пленки на поверхности частиц порошка. Изменяя толщину битумных слоев и свойства поверхности зерен минерального порошка, можно регулировать физико-механические свойства асфальтобетона.

Отходы горнодобывающей промышленности в виде ультраосновных пород (дунитов) содержат большое количество катионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , а также катионов железа, поэтому можно считать, что они обладают высокой сорбционной активностью и могут использоваться в качестве минерального порошка.

Имеются огромные запасы дунитов, но они нигде не используются, находясь в отвалах. Поэтому одним из перспективных направлений их использования является применение в качестве ми-

Таблица 1

**Зерновой состав минерального порошка из дунита**

Размер сит, мм	Частные остатки на сите, %	Полные остатки на сите, %	Полные проходы сквозь сито, %	Требования ГОСТ Р 52129—2003
1,25	0	0	100	He < 95 %
0,315	5,6	5,6	94,4	80...95 %
0,16	4,3	9,9	90,1	—
0,071	5,0	14,9	85,1	He < 60 %
<	85,1	100	0	—

Таблица 2

**Физико-химические показатели минерального порошка из дунита**

Наименование	Показатели	Требования ГОСТ Р 52129—2003
Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	3,33	—
Пористость, %	30,6	He > 40
Набухание образцов из смеси порошка с битумом, %	0	He > 3,0
Водостойкость образцов из смеси порошка с битумом, %	0,2	He > 0,7
Влажность, % по массе	2,0	He > 2,5

нерального порошка при производстве асфальтобетона. Для исследований использовали дуниты Йоко-Довыренского массива, входящего в состав Северо-Байкальской рудной зоны, следующего химического состава, масс. %: SiO<sub>2</sub> — 37,4; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 1,3; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 3,1; FeO — 12,6; CaO — 0,4; MgO — 40,8; Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O — 0,2.

Для перевода в порошкообразное состояние дуниты измельчали в стержневом вибрационном измельчителе в течение 5 мин. Полученный порошок исследовали по ГОСТ Р 52129—2003 "Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия". Результаты испытаний представлены в табл. 1 и 2.

Как видно из таблиц, минеральный порошок из отходов горнодобывающей промышленности в виде дунита имеет высокое качество, отвечает требованиям ГОСТ Р 52129—2003 и может применяться в производстве асфальтобетона.

Для изучения влияния минерального порошка из дунита на свойства асфальтобетона формовали образцы — цилиндры диаметром и высотой 71,4 мм при давлении 40 МПа и температуре смеси 120...130 °С. Испытания проводили по ГОСТ 12801—98 "Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний". Полученные результаты представлены в табл. 3.

Республика Бурятия находится в I дорожно-климатической зоне. При устройстве верхних сло-

ев покрытий автомобильных дорог и городских улиц используют в основном горячую мелкозернистую асфальтобетонную смесь типа Б марки II для получения плотного и высокоплотного асфальтобетона. Поэтому требования ГОСТ учитывали для данной смеси.

Как видно из представленных данных, асфальтобетона на минеральном порошке из дунитов имеют хорошие физико-механические показатели. На их качество оказывает влияние вид минерального порошка, на частицах которого образуются высокоструктурированные битумные слои, придающие прочность полученным материалам. При использовании минерального порошка из дунитов значительно облегчаются условия смачивания его битумом и равномерного распределения частиц в смеси, т. е. большее число минеральных частиц, а следовательно, и большая суммарная поверхность из потенциально возможной вовлекается в активную работу в структуре асфальтобетона.

Полученная асфальтобетонная смесь имеет хорошие показатели теплоустойчивости и термостабильности, характеризующиеся изменением ее прочности от температурных колебаний. Прочность при 0 °С характеризует трещиностойкость асфальтобетона, чем она ниже, тем более трещиностойким будет асфальтобетон. Изменение прочности асфальтобетона в интервале температур от 0 °С до 50 °С характеризует его термостабильность. Чем меньше будет изменяться прочность в данном интервале температуры, чем она выше при 50 °С и ниже при 0 °С, тем термостабильнее будет асфальтобетон. В рассматриваемом случае показатели находятся в пределах допустимых значений. Коэффициент теплоустойчивости для асфальтобетонной смеси  $R_{20}/R_{50} = 2,29$ ; коэффициент термостабильности  $R_0/R_{50} = 6,07$ .

Предел прочности при сжатии при 50 °С характеризует сдвигоустойчивость асфальтобетона. Чем выше прочность при 50 °С, тем выше устойчивость его к сдвигу. Асфальтобетон с использованием минерального порошка из дунитов имеет прочность при сжатии при температуре 50 °С, равную 1,4 МПа. Полученные данные показывают, что в летний период при высоких температурах воздуха значительно снижается возможность появления пластических деформаций в дорожном покрытии.

Образцы асфальтобетона с использованием исследуемых пород обладают достаточно высокой водостойкостью, равной 1,1, которая незначительно снижается при длительном водонасыщении. Следует отметить, что данный показатель очень высокий, что говорит о хорошей коррозионной устойчивости дорожного покрытия.



Физико-механические свойства асфальтобетонной смеси

Наименование показателей	Фактические показатели	Требования ГОСТ 9128—2009
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	2,63	—
Пористость минерального остова, % по объему	15,0	He > 19
Остаточная пористость, % по объему	2,6	2,5...5,0
Водонасыщение, % по объему	2,61	1,5...4,0
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре		
50 °С	1,4	He < 0,9
20 °С	3,2	He < 2,2
0 °С	8,5	He > 10
Водостойкость	1,1	He < 0,90
Водостойкость при длительном водонасыщении	0,9	He < 0,85
Сцепление битума с поверхностью минеральной части асфальтобетонной смеси	Выдерживает	Выдерживает или не выдерживает
Трещиностойкость по пределу прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С и скорости деформирования 50 мм/мин, МПа	3,2	He < 2,5 и не > 6,0

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что отходы горнодобывающей промышленности в виде дунитов можно использовать в качестве минерального порошка для получения асфальтобетонов высокого качества. Это позволит сократить количество дорожно-транспортных происшествий из-за некачественного дорожного покрытия. Также будут решаться вопросы улучшения экологической обстановки на

прилегающих территориях. Использование дунитов при производстве асфальтобетонов позволит получить новые экологически чистые виды строительных материалов.

*Работа выполнена по программе ОХНМ РАН № 5.5.2 "Получение новых видов материалов с высокими эксплуатационными характеристиками из отходов горнодобывающей промышленности".*

## ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ

УДК 628.473

**Е. Г. Лумисте**, канд. техн. наук, проф., **С. Н. Шмигирилов**, инж., **М. В. Панов**, инж.,  
Брянская государственная сельскохозяйственная академия  
E-mail: lego-55@yandex.ru

### Малогабаритные установки для приготовления компоста

*Рассмотрены варианты компостирования, микро- и макроорганизмы, участвующие в микробиологическом процессе, а также последствия их воздействия на здоровье человека. Предложены малогабаритные механизированные установки для приготовления компоста из растительных материалов.*

**Ключевые слова:** древесно-растительные отходы, компостирование, компост, компостарий, ворошитель, измельчитель

**Lumiste E. G., Shmigirilov S. N., Panov M. V. Small plants for composting**

*The variants of composting, micro- and macro-organisms involved in the microbiological process, as well as the consequences of their impact on human health. Proposed small-sized mechanical systems for composting of plant material.*

**Keywords:** woody-plant waste, composting, compost, kompostarium, turner, grinder

## Фазы и условия компостирования

Компостирование представляет собой процесс разложения, протекающий благодаря активности сообщества живых организмов различных групп. Чтобы идентифицировать риски здоровью человека, которые могут проявляться при компостировании различных органических отходов, необходимо четко представлять себе динамику самого процесса [2].

В компостировании принимают участие различные виды бактерий (более 2000 видов) и грибов (не менее 50 видов). Их можно подразделить на группы в зависимости от благоприятной для жизнедеятельности температуры: психрофилы (положительная температура ниже 20 °С); мезофилы (от 20 до 40 °С); термофилы (выше 40 °С) [1].

Грибы играют важную роль в компостировании и, чтобы оптимизировать их активность, необходимо учитывать температуру — грибы погибают, если температура поднимается выше 55 °С, а после понижения — вновь распространяются по всему объему компостного бурта.

В компостировании выделяют, как правило, четыре фазы: лаг-фаза, мезофильная фаза, термофильная фаза, фаза созревания. Первая фаза начинается сразу после внесения органики в компостную кучу. На протяжении второй фазы усиливается процесс распада субстратов, численность микробной популяции возрастает преимущественно за счет мезофильных организмов. В третьей фазе в результате микробного роста и метаболизма происходит повышение температуры до 55...75 °С, мезофильные микроорганизмы замещаются термофилами. В четвертой фазе вследствие падения температуры до мезофильного диапазона (40 °С) в компостной куче начинают доминировать мезофильные микроорганизмы. Температура является наилучшим индикатором наступления стадии созревания [3]. Первые три стадии компостирования протекают относительно быстро (за дни или недели) в зависимости от типа используемой системы компостирования. Заключительная стадия компостирования — созревание, в течение которой потери массы и тепловыделения малы, — длится несколько месяцев [1, 4]. После достижения максимума температуры компост, остывая, становится доступным для широкого ряда почвенных животных, перерабатывающих компостируемый материал дроблением и способствующих перемешиванию разных компонентов компоста.

При нормальных условиях компостирование представляет собой аэробный процесс. Для метаболизма и дыхания микробов необходимо присутствие кислорода от 16 до 18,5 %. Кроме того, компостные микробы нуждаются в воде. Разложение осуществляется гораздо быстрее, если органический материал имеет влажность от 65 до 75 %. Влажность более 75 % препятствует доступу воздуха в компостную кучу и может привести к появлению зловония. Основная микробная активность

проявляется на поверхности органических частиц. Уменьшение размера частицы ведет к увеличению площади поверхности. Допустимый размер частиц находится в диапазоне от 0,3 до 5 см, но варьирует в зависимости от характера сырья, размера бурта и погодных условий [1].

Компостный бурт должен иметь достаточный размер для предотвращения быстрой потери теплоты и влаги и обеспечения эффективной аэрации во всем объеме. Минимальный размер бурта — около 1 м<sup>3</sup>. Максимально приемлемый размер — 1,5 × 1,5 м при любой длине.

## Учет рисков при компостировании

Многие авторы считают, что приготовление компоста — экологически чистый процесс, позволяющий, с одной стороны, утилизировать отходы, а с другой — получить органическое удобрение. Однако доказано, что у работников, контактирующих с компостами, могут иметь место производственно обусловленные и профессиональные заболевания. В списке профессиональных вредностей компостирования растительных материалов с навозом приоритетными являются патогенные, аллергенные микроорганизмы и микробные токсины, источниками которых служат обычные патогены фекального происхождения (бактерии, вирусы, цисты и яйца кишечных паразитов). Вторая опасность связана с развитием мезо- и термофильных, термотолерантных грибов и актиномицетов, которые играют важную роль в деградации биологических отходов. Среди этих микроорганизмов обнаруживаются возбудители инфекционных, аллергических заболеваний [2].

В результате эпидемиологических исследований установлено, что в ходе приготовления компостов из органических отходов могут развиваться потенциально патогенные плесени, что приводит к весьма неблагоприятным последствиям для людей, занятых в их производстве. Была установлена четкая связь развития атипического аллергического ринита, конъюнктивита и бронхиальной астмы при контакте со спорами грибов [2].

На сегодняшний день в связи с удорожанием минеральных удобрений все больше граждан занимается компостированием отходов в небольших масштабах — в приусадебных и крестьянских, фермерских хозяйствах, однако точные дозы аллергенных, патогенных микроорганизмов и токсинов, оказывающие вредные эффекты на здоровье, нормативными документами не установлены.

На основании вышеизложенного можно заключить, что приготовление компоста не является экологически чистым процессом и может приводить к аллергическим реакциям и заболеваниям людей. Для снижения рисков практикуется компостирование растительных материалов, так называемых древесно-растительных отходов, без добавления навоза (помета), что не противоречит ГОСТ Р 53042—2008 и



ГОСТ Р 53116—2008. Кроме того, уменьшения времени контакта человека с компостируемой массой можно добиться путем механизации отдельных операций.

### Механизация процессов при компостировании

Анализ средств механизации для компостирования показал, что применение простейших садовых компостеров, не имеющих приспособлений для принудительной аэрации и ворошения, не позволяет получать высококачественный компост в кратчайшие сроки и не исключает ручные операции по закладке, перебивке, выгрузке компоста, сохраняя определенные риски развития аллергических реакций и микозов у контактеров. Промышленные установки для компостирования рассчитаны на большие объемы органических отходов, сложны в устройстве и дорогостоящи. Универсальные измельчители древесно-растительных отходов отечественной промышленностью не выпускаются, а широко рекламируемые зарубежные чипперы VIKING и BOSCH доступны (по цене) далеко не каждому фермерскому хозяйству или частному подворью.

Для минимизации времени контакта человека с органикой и механизации подготовительного этапа компостирования, с учетом требований к размерным характеристикам частиц сырья, разработан малогабаритный универсальный измельчитель древесно-растительных отходов (рис. 1). Измельчитель состоит из корпуса 1 и приводного вала 2, на котором в одной секции закреплен измельчающий валок 3 с прижимной пластиной 4 для древесного растительного сырья с диаметром веток до 35 мм; а во второй — размещен режущий аппарат для недревесного растительного сырья, состоящий из ножа метельника 5, расположенного непосредственно на валу 2, и ножевого механизма с лезвиями 6 на регулировочных пластинах 7 и 8. Нижняя часть корпуса измельчителя 9 снабжена заслонкой 10, закрывающей выгрузной патрубком 11 (патент на полезную модель № 2011128830/13).

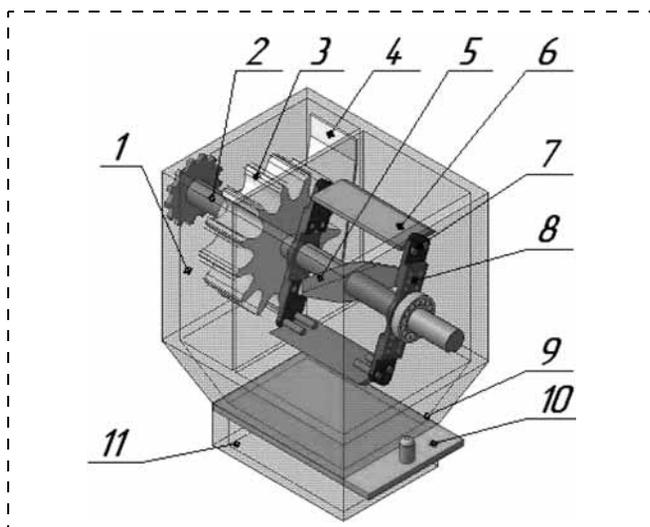


Рис. 1. Малогабаритный универсальный измельчитель

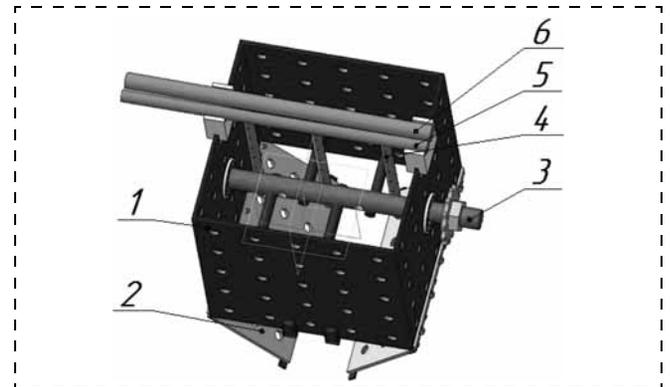


Рис. 2. Малогабаритный компостарий с битерным ворошителем

10, закрывающей выгрузной патрубком 11 (патент на полезную модель № 2011128830/13).

Измельченные древесно-растительные отходы через выгрузной канал поступают в механизированный компостарий объемом не менее 1 м<sup>3</sup> (рис. 2). Компостарий представляет собой контейнер из металлических перфорированных листов 1 с ворошителем битерного типа 3, системой аэрации, состоящей из вертикальных перфорированных труб 4 и горизонтальной трубы 5, системой водоподведения, состоящей из горизонтальной трубы 6 с форсунками. Для выгрузки компоста предусмотрено пружиненное двустворчатое днище 2 с замками-защелками (патент на полезную модель № 2011128828/13). Привод вала измельчителя и вала ворошителя осуществляется от электродвигателя.

Конструкция механизированного компостария обеспечивает выполнение основных технологических требований к компостированию — регулярное перемешивание, аэрацию и увлажнение растительного материала, что позволяет активизировать процессы, происходящие при ферментативном разложении органики и сократить сроки приготовления компоста с 18 до 3...4 месяцев.

Таким образом, предлагаемые малогабаритные установки для крестьянских, фермерских хозяйств и частных подворий позволят исключить контакт работников с компостом, а, соответственно, с микро- и макроорганизмами, которые могут вызывать заболевания людей и различные аллергические проявления, механизировать трудоемкие операции и получить ценное органическое удобрение в кратчайшие сроки.

### Список литературы

1. Шалауда А. В. Биотехнологии в сельском хозяйстве // Искусство и наука компостирования. Часть 1. 2009.
2. Марфенина О. Е. Антропогенные изменения комплексов микроскопических грибов в почвах: Автореф. дис. докт. биол. н. — М.: МГУ, 1999. — 48 с. Специальность 03.00.27 — Почвоведение.
3. Гринин А. С., Новиков В. Н. Промышленные и бытовые отходы. Хранение, утилизация, переработка. — М.: ФАИР-Пресс, 2002.
4. Ковалев Н. Г., Барановский И. Н. Органические удобрения в XXI веке (биоконверсия органического сырья). — Тверь, Чудо. 2006. — 302 с.

**И. С. Масленникова**<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, **В. Н. Ковалев**<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доц., начальник лаборатории, **О. Н. Еронец**<sup>1</sup>, канд. хим. наук, доц.

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный инженерно-экономический университет (ИНЖЭКОН)

<sup>2</sup> ЗАО "Полиметалл Инжиниринг", г. Санкт-Петербург  
E-mail: olgaeronko@mail.ru

## Предотвращение выбросов паров ртути в атмосферу

*Предложен способ термической демеркуризации ртутьсодержащих материалов, позволяющий практически полностью устранить выбросы паров ртути в атмосферу. Показана оригинальность разработки, заключающаяся в том, что дистилляцию ртути и конденсацию ее паров ведут в потоке инертного газа, циркулирующего по замкнутому контуру газового потока.*

**Ключевые слова:** переработка ртутьсодержащих материалов, экологическая защита, термическая демеркуризация, поток инертного газа, замкнутый контур газового потока, контур жидкой фазы

**Maslennikova I. S., Kovalev V. N., Eronko O. N. Prevention of emissions of mercury vapor in the atmosphere**

*A method of thermal elimination of mercury in mercury-containing materials, which allows to almost completely eliminate emissions of mercury vapor in the atmosphere, is presented. The originality of the method lies in the fact that the mercury distillation and condensation of its vapor is done in the flow of inert gas circulating in a closed circuit of gas flow.*

**Keywords:** processing of mercury-containing materials, ecological protection, thermal elimination of mercury, flow of inert gas, closed circuit of gas flow, circuit of the liquid phase

Предотвращение выбросов паров ртути в атмосферу является важным условием безопасности и экологической защиты окружающей среды в производствах, где основным или побочным продуктом являются ртутьсодержащие материалы. При переработке таких материалов часто возникает необходимость в предварительном выделении ртути из состава материала [1], что может повлечь за собой загрязнение окружающей среды.

Способы и устройства для извлечения ртути из ртутьсодержащих и загрязненных ртутью материалов, а также из отходов, содержащих пластмассу, описаны в патентах [1–3]. Но при использовании

этих методов существенным недостатком является наличие значительного количества ртути в выбросах в атмосферу.

Защита окружающей среды достигается созданием условий, обеспечивающих минимальное содержание вредных веществ либо их полное отсутствие. Поэтому задача заключается в уменьшении выбросов паров ртути в атмосферу.

Предложенный авторами метод [4] предполагает, что при термической демеркуризации ртутьсодержащих материалов, включающей нагрев материала, дистилляцию ртути и конденсацию ее паров в охлаждаемой ловушке, дистилляцию ртути и конденсацию ее паров ведут в потоке инертного газа, циркулирующего по замкнутому контуру газового потока.

Технический результат в устройстве достигается за счет того, что устройство для термической демеркуризации ртутьсодержащих материалов, включающее связанную магистральными трубопроводами с вентилями емкость с обрабатываемым материалом, нагреватель, ловушку, насос, снабжено струйным насосом, расположенным перед ловушкой, выполненной в виде сепаратора с брызгоотделителем, и теплообменником, связанным со струйным насосом и сепаратором через насос. Причем все элементы устройства образуют два замкнутых контура: 1) контур газового потока, включающий струйный насос, сепаратор, нагреватель, емкость с обрабатываемым материалом; 2) контур жидкой фазы, включающий сепаратор, насос, теплообменник, струйный насос.

Схема демеркуризации цинкового цементата представлена на рисунке. Здесь реализован принцип перегонки в токе инертного газа. В качестве инертного газа используют газ, не вступающий в химические реакции с ртутью в условиях процесса термической демеркуризации. Испарение ртути происходит в поток горячего инертного газа. В предлагаемом устройстве инертный газ циркулирует по замкнутому контуру газового потока, а жидкая фаза циркулирует по замкнутому контуру жидкой фазы.

Устройство содержит вертикальную цилиндрическую емкость с обрабатываемым материалом — реторту 1, снабженную герметичной крышкой.



Внутри корпуса реторты 1 вставлен термос 2, в котором установлена кассета 3 с тарелками 4, заполняемыми цинковым цементатом 5. Устройство также включает электрический нагреватель 6, струйный насос 7 для обеспечения циркуляции газовой фазы, центробежный насос 8, ловушку для отбора ртути, выполненную в виде сепаратора 9 с брызгоотделителем 10, расположенным в его верхней части, теплообменник 11, связанный со струйным насосом 7 и с сепаратором 9 через центробежный насос 8. На выходе устройства расположен адсорбер 12, предназначенный для поглощения паров ртути из газовой фазы, который используется только при продувке газовой фазы воздухом перед выгрузкой кассеты. В нижней части сепаратора 9 имеются выходы со штуцерами: 13 — для циркуляции жидкой фазы, 14 — для периодического слива ртути, 15 — для периодического слива воды. Все элементы устройства связаны магистральными трубопроводами для передачи жидкой и газовой фаз с вентилями 16, 17, 18, 19, 20.

Инертный газ циркулирует по замкнутому контуру газового потока: струйный насос 7 — сепаратор 9 — вентиль 17 — нагреватель 6 — реторта 1 — струйный насос 7. Жидкая фаза циркулирует по замкнутому контуру жидкой фазы: сепаратор 9 — центробежный насос 8 — вентиль 16 — теплообменник 11 — струйный насос 7 — сепаратор 9.

Работа в устройстве по предложенному способу осуществляется следующим образом. Цинковый цементат 5 загружают в тарелки 4, которые соби-

рают в кассету 3 и устанавливают в реторту 1. Включают центробежный насос 8, который подает жидкую фазу (воду) в теплообменник 11 и затем в струйный насос 7. Струйный насос 7 осуществляет циркуляцию инертного газа в устройстве. В режиме отгонки ртути открыт вентиль 17, а вентили 18, 19, 20 — закрыты. Поток инертного газа (воздуха), подогретый до 600...700 °С в нагревателе 6, поступает в реторту 1, где обтекает все слои тарелок с цементатом. Из реторты газовый поток, содержащий пары ртути, эжектируется струйным насосом 7 в сепаратор 9, при этом происходит увеличение давления газовой фазы. В струйном насосе 7 происходит интенсивное взаимодействие парогазовой и жидкой фаз. В результате охлаждения пары ртути конденсируются, и в сепараторе 9 происходит разделение газовой и жидкой фаз. Жидкая фаза из сепаратора 9 через выход 13 центробежным насосом 8 подается сначала в теплообменник 11, а затем в струйный насос 7. В теплообменнике 11 жидкая фаза движется в межтрубном пространстве и охлаждается водопроводной водой, проходящей в трубном пространстве. Поток инертного газа проходит брызгоотделитель 10, где отделяется от капельной влаги и направляется в электронагреватель 6 и оттуда возвращается в реторту 1.

В режиме охлаждения реторты 1 циркуляция инертного газа осуществляется по сокращенному контуру: струйный насос 7 — сепаратор 9 — вентиль 18 — реторта 1 — струйный насос 7. Вентили 17, 19 и 20 — закрыты. При использовании сокращенного контура инертный газ из сепаратора 9 не проходит через электрический нагреватель 6, что позволяет сохранить в нем достаточно высокую температуру, в то время когда реторта охлаждается. Охлаждение электронагревателя происходит в этом случае только за счет тепловых потерь через теплоизоляцию.

Ртуть накапливается в нижней части сепаратора 9 и периодически сливается через выход 14, а через выход 15 осуществляют периодический слив воды. Выделение брызг из газовой фазы осуществляется брызгоотделителем 10, уловленная жидкость возвращается в нижнюю часть сепаратора 9. Регулирование расхода инертного газа производят вентилем 16, посредством изменения расхода и давления жидкой фазы на входе в струйный насос 7.

После завершения отгонки ртути отключают электронагреватель 6 и

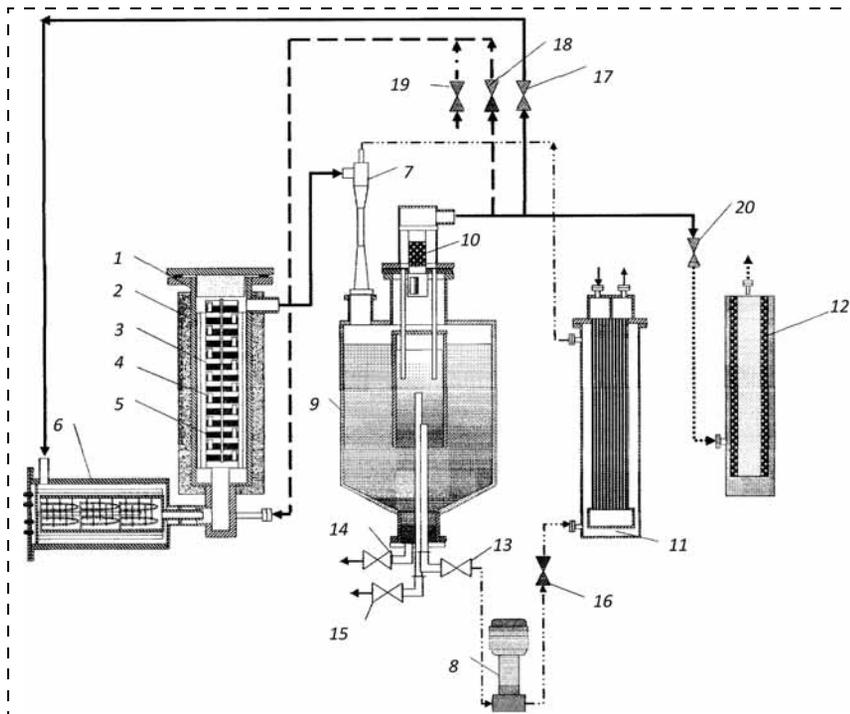


Схема демеркуризации цинкового цементата

охлаждают цементат в реторте инертным газом, циркулирующим по сокращенному контуру. Перед выгрузкой кассеты 3 из реторты 1 осуществляют продувку газового объема устройства воздухом через адсорбер 12, благодаря чему газы, выбрасываемые в атмосферу, дополнительно очищаются от паров ртути и других вредных веществ. Воздух подают в устройство посредством вентиля 19. Подачу сбросных газов осуществляют в адсорбер 12 вентилем 20. В режиме продувки вентили 17 и 18 закрыты.

В течение основного периода работы какие-либо выбросы отсутствуют, поскольку инертный газ и жидкая фаза циркулируют по герметичным замкнутым контурам. Небольшой поток воздуха, который отво-

дится в атмосферу в период продувки устройства, направляется в угольный адсорбер 12, где происходит его очистка от паров ртути и других вредных веществ.

Таким образом, предложенный метод позволяет практически устранить выбросы ртути в атмосферу.

#### Список литературы

1. А. с. № 1708902, М. Кл.<sup>7</sup> С22В43/00, публ. Б. 4, 1992 г.
2. Патент РФ № 1466665, М. Кл.<sup>7</sup> С22В43/00, публ. Б. 10, 1989 г.
3. Патент РФ № 1838440, М. Кл.<sup>7</sup> С22В43/00, публ. Б. 32, 1993 г.
4. Патент РФ № 2171304, М. Кл.<sup>7</sup> С22В43/00, публ. Б. 21, 2001 г.

## ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

УДК 625.098

**Ю. А. Кукушкин**, д-р техн. наук, проф., **М. В. Дворников**, д-р мед. наук, проф.,  
**А. В. Богомолов**, д-р техн. наук, проф., **Т. В. Матюшев**, д-р биол. наук,  
Научно-исследовательский испытательный центр (авиационно-космической  
медицины и военной эргономики) ФБУ "4 ЦНИИ Минобороны России", г. Москва;  
**А. В. Поляков**, канд. мед. наук, ГНЦ РФ — Институт медико-биологических проблем  
РАН, г. Москва  
E-mail: kukushkinya@gmail.com

### Математическое обеспечение рискометрии состояний человека в экстремальных и аварийных ситуациях, сопряженных с гипоксическим воздействием

*Изложено математическое обеспечение оценивания риска потери сознания человеком в экстремальных и аварийных ситуациях, сопряженных с гипоксическим воздействием, на основе предложенных понятий "доза гипоксии" и "интенсивность гипоксического воздействия". Верификация разработанных рискометрических математических моделей осуществлена с помощью вычислительного эксперимента с использованием ретроспективных данных реального авиационного инцидента, подтвердившего существование и адекватность разработанного математического обеспечения.*

**Ключевые слова:** безопасность полетов, гипоксическая гипоксия, риск потери сознания, доза гипоксии, интенсивность гипоксического воздействия, резервное время сохранения сознания

**Kukushkin Yu. A., Dvornikov M. V., Bogomolov A. V., Matyushev T. V., Polyakov A. V. Mathematical software for risk metric of the human in extreme conditions and emergency situations associated with hypoxic exposure**

*It examines the software risk evaluation unconscious man in extreme and emergency situations associated with hypoxic exposure, based on the proposed concepts of "dose of hypoxia" and "the intensity of hypoxic exposure". Verification of the developed mathematical models of risk metric performed by computer simulation using historical data of the real aircraft incident, confirmed the materiality and the adequacy of the developed mathematical software.*

**Keywords:** aircraft depressurization, hypoxia, loss of consciousness probability, dose of hypoxia, duration of useful consciousness, anoxic impact intensities



Система управления человеко-машинной системой, эксплуатируемой в условиях, являющихся экстремальными и субэкстремальными для оператора, помимо общих алгоритмов, присущих любой системе управления, должна реализовывать специальные алгоритмы, направленные на обеспечение должной работоспособности человека (управление системой обеспечения жизнедеятельности, системой жизнеобеспечения, защитным снаряжением и т. п.). Основой разработки таких алгоритмов является текущая и прогностическая оценка состояния человека, для расчета которой необходимы оценки риска неблагоприятных изменений состояния и работоспособности, обусловленных воздействием факторов условий профессиональной деятельности. К числу таких факторов относится гипоксическая гипоксия (*hypoxia*: от греч. *hypo* — ниже и лат. *oxy* [genium] кислород) — состояние, развивающееся вследствие снижения парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе. К числу человеко-машинных систем, функционирующих в условиях высокого риска гипоксических состояний человека относятся летательные аппараты, космические корабли, технические средства, предназначенные для эксплуатации в условиях высокогорья и т. п.

По данным работы [1] с января 2008 по август 2009 г. зарегистрировано 138 инцидентов, которые следует расценивать как предпосылки к гипоксической (высотной) гипоксии: в 26 случаях отмечено нарушение герметичности салона воздушного судна (ВС), в 70 случаях имели место отказы систем наддува, 42 случая связаны с растрескиванием стекол кабины экипажа ВС.

При разгерметизации ВС управление параметрами газовой среды, а следовательно, и состоянием людей, находящихся в пассажирском салоне, осуществляется командиром ВС посредством изменения параметров полета, поэтому для принятия решения по способу действий в чрезвычайной (экстремальной, аварийной) ситуации он должен иметь информацию о состоянии пассажиров и требуемых значениях ряда параметров полета. К такой информации относятся прежде всего: значение вероятностей потери сознания у лиц, находящихся в салоне самолета без дополнительного кислородного обеспечения, и значение резервного времени до наступления этих событий. Получение указанной информации требует разработки математических моделей, позволяющих в режиме реального времени рассчитать оценки перечисленных параметров с учетом влияния изменяемой гипоксической среды на организм человека. Совокупность таких моделей составляет основу математического обеспечения системы поддержки принятия решения командиром ВС в особых случаях полета, сопряженных с воздействием гипоксической гипоксии.

## Доза гипоксии

### и интенсивность гипоксического воздействия

Интервал времени, в течение которого человек сохраняет активное сознание на различных высотах над уровнем моря до момента его потери, называется *резервным временем*. В руководстве [2] приведены зависимости резервного времени сохранения сознания при дыхании воздухом в зависимости от высоты, которые являются исходными данными для расчета оценки состояния пассажиров ВС при его разгерметизации. Однако прямое использование этих зависимостей в координатах "парциальное давление кислорода — резервное время сохранения сознания" позволяет оценивать состояние человека только при постоянстве значений парциального давления кислорода (высоты полета). При полете разгерметизированного ВС по сложной траектории в вертикальной плоскости происходит изменение барометрического давления, что не позволяет использовать традиционный способ нормирования воздействия на организм человека газовой среды с низкими величинами парциального давления кислорода. Для преодоления указанного недостатка необходимы новые теоретические подходы, базирующиеся на дозовом принципе [3–6].

В основу синтеза математического обеспечения расчета оценки риска неблагоприятных эффектов, возникающих у человека при разгерметизации салона ВС, положен принцип *дозы гипоксии*, определяемой как

$$D(t) = \int_0^T [p_{6500}^T - p^T(t)] dt, \quad (1)$$

где  $D(t)$  — доза гипоксического воздействия, Па · с;  $p_{6500}^T = 7,92$  кПа — парциальное давление кислорода в трахеальном воздухе при значении барометрического давления 44,06 кПа (соответствует высоте  $h = 6500$  м),  $p^T(t)$  — текущее значение парциального давления кислорода в трахее, Па;  $T$  — интервал интегрирования (длительность полета на высоте  $h > 6500$  м), с;  $t$  — время нахождения человека в гипоксической среде.

Разность  $p_{6500}^T - p^T(t)$  обозначим как *интенсивность гипоксического воздействия* (ИГВ)

$$U(t) = p_{6500}^T - p^T(t). \quad (2)$$

Попытки рассчитывать дозу гипоксии предпринимались неоднократно. Простая разница в величинах парциального давления кислорода на той или иной высоте, умноженная на экспозицию, не позволяла привести к единому показателю многочисленные эмпирические данные о величине ре-

зервного времени сохранения сознания на различных высотах. Причиной этого являлась большая сложность в учете мощности компенсаторно-приспособительных механизмов, обеспечивающих перенос кислорода из внешней среды в органы и ткани. Использование поправочных коэффициентов для различных высот не решило проблему из-за недостаточной точности и сложности их определения.

Обобщение и анализ данных литературы и собственных исследований позволяют предложить в качестве поправочного коэффициента максимально переносимую высоту гипоксии на популяционном уровне — такой величиной является высота 6500 м [3].

Физиологический смысл дозы гипоксии определяется некомпенсируемым дефицитом кислорода в трахеальном воздухе, умноженным на время воздействия. В свою очередь, некомпенсируемый дефицит кислорода — это разность между парциальным давлением кислорода в трахеальном воздухе на высоте, на которой сохраняется способность организма человека компенсировать недостаток кислорода за счет интенсификации функционирования кислородо-транспортных систем организма, и величиной парциального давления кислорода в трахеальном воздухе на высотах, на которых компенсация затруднена, и риск потери сознания на популяционном уровне резко возрастает.

Минимальные и максимальные величины резервного времени сохранения сознания неадаптированных к гипоксии лиц при нахождении их на критических высотах по данным различных авторов определены, начиная с высоты 7000 м и выше, при дыхании окружающим воздухом, а также на высотах более 13 500...14 000 м при дыхании чистым кислородом. На меньших высотах сохраняются потенциальные возможности организма по обеспечению переноса минимально необходимого количества кислорода из легких к жизненно важным органам, а степень снижения парциального давления кислорода в тканях не достигает критических величин, несовместимых с жизнью.

Это подтверждают многочисленные наблюдения из практики применения в 1930—1940 гг. самолетов, не оборудованных герметичными кабинами и не имеющими кислородного оборудования. Высота 6500 м оказалась критичной и в плане потенциальных возможностей человека к акклиматизации к ней. В исследованиях первого покорителя Эвереста Э. Хиллари показано, что длительное (до нескольких месяцев) пребывание на высотах 6200...6500 м возможно, но в конечном итоге приводит к срыву адаптационных возможностей организма [2, 7—9].

Парциальное давление кислорода в трахее связано с барометрическим давлением зависимостью [2, 7]:

$$p^T = F(P_h - P_{H_2O}), \quad (3)$$

где  $F$  — концентрация кислорода в атмосфере ( $F = 0,2093$ );  $P_h$  — барометрическое давление, Па, на высоте  $h$ ;  $P_{H_2O}$  — давление насыщенного водяного пара при температуре 310 К (37 °С), равное 6,27 кПа (47 мм рт. ст.).

Используя процедуру численного интегрирования, выражение (1) можно записать как

$$\begin{aligned} D_{h > 6500}(t_i) &= \sum_{i=1}^n [P_{6500}^T - p^T(t)] \Delta t = \\ &= 0,2093 \sum_{i=1}^n [P_{6500} - P_h(t_i)] \Delta t = \sum_{i=1}^n U(t_i) \Delta t; \quad (4) \\ D_h(t_i) &= 0, \text{ если } [P_{6500} - P_h(t_i)] < 0, \end{aligned}$$

где  $D_{h > 6500}(t_i)$  — доза гипоксического воздействия при высоте полета, превышающей 6500 м;  $\Delta t$  — интервал дискретизации функции по времени, с;  $P_{6500}$  — барометрическое давление, Па, на высоте  $h = 6500$  м;  $i$  — номер функции ( $i = 1, \dots, n$ ),  $t_i = i \Delta t$ .

Доза гипоксии на этапе разгерметизации герметического отсека самолета определяется выражением

$$\begin{aligned} D_{h > 6500}(t_i) &= 0,2093 \sum_{i=1}^n [P_{6500} - P_{го}(t_i)] \Delta t, \\ D_h(t_i) &= 0, \quad (5) \end{aligned}$$

если  $\{[P_{6500} - P_{го}(t_i)] < 0\} \wedge (P_h < 44,06 \text{ кПа})$ ,

где  $P_{го} = P_h + \Delta P$  — давление в герметическом отсеке самолета, Па;  $\Delta P$  — постоянное избыточное давление в герметическом отсеке, Па.

Барометрическое давление и соответствующая ей высота полета связаны соотношениями [10]

$$\begin{aligned} P_h &= P_0 \left(1 - \frac{\beta}{T_0} h\right)^{\frac{\beta R}{g}} = P_0 \left(1 - \frac{\beta}{T_0} h\right)^{5,258} = \\ &= P_0 \left(1 - \frac{h}{44307,69}\right)^{5,258}; \quad (6) \end{aligned}$$

$$h = \frac{T_0}{\beta} \left[1 - \left(\frac{P_h}{P_0}\right)^{\frac{\beta R}{g}}\right] = 44307,69 \left(1 - \frac{P_h}{P_0}\right)^{0,1902}, \quad (7)$$

где  $R = 287,05287$  Дж/(кг · К) — газовая постоянная для воздуха;  $\beta = 0,0065$  К/м — градиент изменения температуры с высотой;  $T_0$  — значение абсолютной температуры на нулевой высоте [ $T_0 = 288$  К (15 °С)];  $P_0$  — давление на нулевой высоте (760 мм рт. ст.).



или 101,308 кПа);  $g$  — ускорение свободного падения, равное  $9,81 \text{ м/с}^2$ .

Для начального участка стратосферы, на котором температура воздуха остается постоянной и равной абсолютному значению  $T_{0\text{ст}}$ ,

$$P_h = P_{0\text{ст}} \exp \left[ -\frac{g}{RT_{0\text{ст}}} (h - h_{0\text{ст}}) \right], \quad (8)$$

где  $h_{0\text{ст}}$  — высота начала изотермического слоя стратосферы, м;  $P_{0\text{ст}}$  — давление на высоте  $h_{0\text{ст}}$ , Па.

В реальных условиях параметры атмосферы подвержены заметным отклонениям от средних значений (сезонным, суточным, метеорологическим и др.). С целью обеспечения сравнимости результатов, полученных в различных конкретных ситуациях, в нашей стране и за рубежом используется стандартная атмосфера (ГОСТ 4401—81), параметры которой рассчитываются по формулам (6)—(8). В качестве констант в них приняты (помимо уже упомянутых):  $h_{0\text{ст}} = 11\,000 \text{ м}$ ;  $T_{0\text{ст}} = 216,5 \text{ К}$  ( $-56,5 \text{ }^\circ\text{C}$ );  $P_{0\text{ст}} = 22\,690 \text{ Па}$  ( $170 \text{ мм рт. ст.}$ ).

#### Математическое обеспечение расчета оценок резервного времени сохранения сознания человеком в условиях гипоксической гипоксии

В высотной физиологии получены эмпирические данные, определяющие минимальное ( $T_{\text{min}}^{\text{cc}}$ ), среднее ( $T_{\text{mean}}^{\text{cc}}$ ) и максимальное ( $T_{\text{max}}^{\text{cc}}$ ) резервные времена сохранения сознания при пребывании человека на различных высотах (при различном барометрическом давлении  $P$ ) [2, 6—8, 11]. Зная величину  $P_h$ , по формуле (3) можно рассчитать значение парциального давления кислорода в трахеальном воздухе  $p^T$ , а по нему, используя зависимости, аппроксимирующие экспериментальные данные, вычислить минимальное, среднее и максимальное значения резервного времени сохранения сознания:

$$T_{\text{min}}^{\text{cc}} = f(p^T); T_{\text{mean}}^{\text{cc}} = f(p^T); T_{\text{max}}^{\text{cc}} = f(p^T). \quad (9)$$

В целях построения на базе дозового подхода математических моделей, позволяющих рассчитывать оценку риска возникновения неблагоприятных для человека эффектов гипоксического воздействия, при определении вероятностей возникновения этих эффектов в качестве аргументов функций (9) целесообразно использовать интенсивность гипоксического воздействия, определяемую формулой (2), т. е.

$$T_{\text{min}}^{\text{cc}} = f(U); T_{\text{mean}}^{\text{cc}} = f(U); T_{\text{max}}^{\text{cc}} = f(U). \quad (10)$$

Применение дозового подхода к рискометрии неблагоприятных эффектов гипоксического воз-

действия предъявляет определенное требование к выбору функций (10), аппроксимирующих экспериментальные данные. Этим требованием является постоянство дозы гипоксического воздействия, вызывающей исследуемый эффект во всем диапазоне длительностей и интенсивностей гипоксического воздействия, инициирующего этот эффект. Такое положение означает, что аппроксимацию кривых равных эффектов следует осуществлять в классе степенных функций вида

$$tU^\alpha = D, \quad (11)$$

где  $D$  — константа, равная дозе гипоксического воздействия, вызывающей определенный физиологический эффект;  $\alpha$  — показатель степени.

Как следует из выражения (11), при  $\alpha = 1$  доза гипоксического воздействия равна произведению времени нахождения в гипоксической среде и ее интенсивности.

По преобразованным по формуле (2) данным ранее выполненным исследований [2, 7, 11], получены регрессионные уравнения вида (11), отражающие зависимости минимального ( $T_{\text{min}}^{\text{cc}}$ ), среднего ( $T_{\text{mean}}^{\text{cc}}$ ) и максимального ( $T_{\text{max}}^{\text{cc}}$ ) резервного времени сохранения сознания человека от интенсивности гипоксического воздействия. Аналитические выражения этих зависимостей, полученные методом Левенберга—Марквардта (Levenberg—Marquardt), описываются следующими формулами

$$T_{\text{min}}^{\text{cc}} = 186,15 U^{-1,0003}, \quad (12)$$

$$T_{\text{mean}}^{\text{cc}} = 367,23 U^{-1,0008}, \quad (13)$$

$$T_{\text{max}}^{\text{cc}} = 710,37 U^{-1,1557}. \quad (14)$$

Графическое отображение этих зависимостей представлено на рис. 1.

Установлено, что резервное время сохранения сознания, определяемое формулой (12), наблюдается у 99,9 % обследуемых (потеря сознания у 0,1 %), формулой (13) — у 50 % (потеря сознания у 50 %), формулой (14) — у 0,1 % (потеря сознания у 99,9 %). С учетом этих данных выражения (12)—(14) могут быть записаны в следующем виде:

$$T_{0,1\%}^{\text{пс}} = 186,15 U^{-1,0003}, \quad (15)$$

$$T_{50\%}^{\text{пс}} = 367,23 U^{-1,0008}, \quad (16)$$

$$T_{99,9\%}^{\text{пс}} = 710,37 U^{-1,1557}, \quad (17)$$

где левые части уравнений ( $T_{0,1\%}^{\text{пс}}$ ,  $T_{50\%}^{\text{пс}}$ ,  $T_{99,9\%}^{\text{пс}}$ ) соответствуют промежуткам времени непрерывного пребывания в гипоксической среде, при истечении которых имеет место потеря сознания. Со-

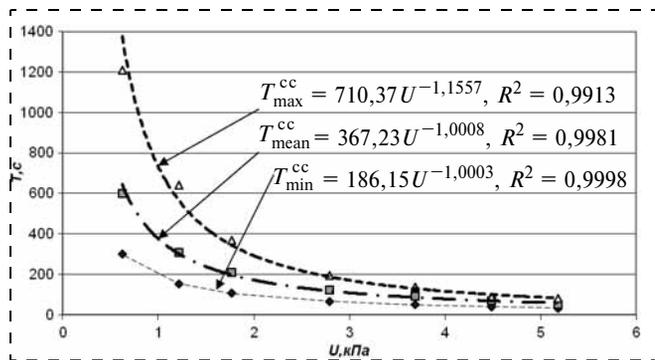


Рис. 1. Зависимости минимального, среднего и максимального резервного времени сохранения сознания человека от интенсивности гипоксического воздействия

Дисперсионный анализ результатов  
аппроксимации экспериментальных данных

Характеристики разброса	Сумма квадратов	Степени свободы	Средние квадраты	F — критерий Фишера	Уровень статистической значимости $p$
Модель: $T_{\min}^{cc} = 186,15U^{-1,0003}$ , $R^2 = 0,99987$					
Регрессия	134650,2	2	67325,08	48416,43	0,000000
Остатки	7,0	5	1,39	—	—
Суммарный	134657,1	7	—	—	—
Модель: $T_{\text{mean}}^{cc} = 367,23U^{-1,0008}$ , $R^2 = 0,99811$					
Регрессия	530814,8	2	265407,4	3084,796	0,000000
Остатки	430,2	5	86,0	—	—
Суммарный	531245,0	7	—	—	—
Модель: $T_{\max}^{cc} = 710,37U^{-1,1557}$ ; $R^2 = 0,99134$					
Регрессия	2 071 980	2	1035990	584,6442	0,000001
Остатки	8860	5	1772	—	—
Суммарный	2 080 840	7	—	—	—

гласно формуле (11) коэффициенты при  $U$  в уравнениях (15)—(17) есть дозы гипоксического воздействия, вызывающие эффект потери сознания соответственно у 0,1 %, 50 %, 99,9 % людей.

Результаты дисперсионного анализа, характеризующие качество аппроксимации экспериментальных данных уравнениями (12)—(14), приведены в таблице.

Как следует из таблицы, уравнения (12)—(17) имеют высокую статистическую значимость. Об этом свидетельствуют большие значения коэффициентов детерминации (квадратов коэффициентов множественной корреляции  $R^2$ ), соответственно 0,99987, 0,99811, 0,99134. Определенные для каждого уравнения значения  $F$ -критерия превышают его критические значения, соответствующие уровню значимости  $0,000001$  ( $p < 0,000001$ ), что свиде-

тельствует о статистической существенности коэффициентов уравнений.

Уравнения (12 — 17) можно представить в виде

$$T_{0,1\%}^{pc} U^{1,0003} = T_{\min}^{pc} U^{1,0003} \approx T_{\min}^{pc} U = D_{0,1\%}^{pc} = D_{\min}^{pc} = 186,15; \quad (18)$$

$$T_{50\%}^{pc} U^{1,0008} = T_{\text{mean}}^{pc} U^{1,0008} \approx T_{\text{mean}}^{pc} U = D_{50\%}^{pc} = D_{\text{mean}}^{pc} = 367,23; \quad (19)$$

$$T_{99,9\%}^{pc} U^{1,1557} = T_{\max}^{pc} U^{1,1557} = D_{99,9\%}^{pc} = D_{\max}^{pc} = 710,37. \quad (20)$$

Из этих уравнений следует, что при выполнении условия  $tU \leq 367,23$  кПа · с доза гипоксического воздействия с достаточной для практических целей точностью равна произведению  $tU$ . В случае, когда это произведение больше 367,23 кПа · с, при вычислении дозы необходимо учитывать значения показателя степени  $\alpha$  в выражении (11).

В диапазоне доз [367,23...710,37 кПа · с] коэффициент  $\alpha$  изменяется по линейному закону:

$$\alpha = 1 + 0,1557 \frac{\sum_{i=1}^n U(t_i) \Delta t - D_{50\%}^{pc}}{D_{99,9\%}^{pc} - D_{50\%}^{pc}} = 1 + 0,1557 \frac{\sum_{i=1}^n U(t_i) \Delta t - D_{50\%}^{pc}}{343,14} = 1 + 0,000454 \left( \frac{\sum_{i=1}^n U(t_i) \Delta t - D_{50\%}^{pc}}{1} \right) = 1 + 0,000454 \left( \sum_{i=1}^n U(t_i) \Delta t - 367,23 \right). \quad (21)$$

Математическое обеспечение расчета вероятности потери сознания человеком в условиях гипоксической гипоксии

В качестве оценки риска потери сознания вследствие воздействия на человека гипоксической газовой среды следует использовать зависимость вероятности возникновения этого эффекта от дозы гипоксического воздействия.

Вычисление этой вероятности возможно, если известен закон распределения относительных частот резервных времен сохранения сознания в интервале  $\{T_{\min}^{cc}, \dots, T_{\max}^{cc}\}$  на различных высотах, пересчитанных в величины интенсивности гипоксического воздействия  $U$ . Приводимые в литературе данные, касающиеся зависимости минимального,



среднего и максимального значений резервного времени пребывания человека от высоты над уровнем моря, свидетельствуют только об асимметричности этого закона.

В ранее выполненных исследованиях [6, 8, 12–15], направленных на изучение риска неблагоприятных эффектов при воздействии на человека пониженного барометрического давления, показано, что структура этого закона может быть представлена композицией двух усеченных нормальных функций распределения вероятностей при соответствующих значениях времени пребывания в такой среде. Параметрами моделей являлись оценка моды эмпирического распределения, которая "разделяет" его на две части и принимается за оценку математических ожиданий этих частей, и оценки средних квадратических отклонений, разные для левой и правой частей распределения.

Проверка согласованности теоретического усеченного нормального и эмпирического распределений осуществлялась по критерию  $\chi^2$  отдельно для обеих частей распределения. Значение критерия  $\chi^2$  при 5 степенях свободы не превысило критического значения 11,07, что позволяет с уровнем значимости  $p > 0,05$  не отвергать нулевую гипотезу.

Таким образом, результаты структурной идентификации функции, описывающей эмпирическое распределение времени сохранения сознания, дают основание для заключения о правомерности использования усеченного нормального распределения для определения вероятностей потери сознания по времени  $t$  нахождения человека в условиях низкого парциального давления кислорода (высокой интенсивности гипоксического воздействия  $U$ ). Параметрами распределений  $t$  для различных значений  $U$  при определении вероятностей потери сознания являются величины:

$$\begin{aligned} M_t^{cc}(U) &= T_{\text{mean}}^{cc}(U); \sigma_t^{cc}(U) = \\ &= [T_{\text{mean}}^{cc}(U) - T_{\text{min}}^{cc}(U)] / 3,224, \text{ если } t \leq T_{\text{mean}}^{cc}(U); \\ M_t^{cc}(U) &= T_{\text{mean}}^{cc}(U); \sigma_t^{cc}(U) = \\ &= [T_{\text{mean}}^{cc}(U) - T_{\text{max}}^{cc}(U)] / 3,224, \\ &\text{если } t > T_{\text{mean}}^{cc}(U), \end{aligned} \quad (22)$$

где  $M_t^{cc}(U)$  — оценка математического ожидания резервного времени сохранения сознания;  $\sigma_t^{cc}(U)$  — оценка среднего квадратического отклонения резервного времени сохранения сознания,  $3,224\sigma_t^{cc}(U)$  — интервал, вероятность попадания в который случайной величины  $t$  равна 0,4995.

С учетом результатов структурной идентификации законов распределения резервного времени сохранения сознания получены аналитические

выражения для определения вероятностей потери сознания  $W_U^{pc}$  от времени  $t$  пребывания в гипоксической газовой среде, интенсивность которой постоянна, т. е.  $U = \text{const}$

$$\begin{aligned} W_U^{pc}(t) &= \\ &= \begin{cases} 0,5 - \Phi \left[ 3,224 \frac{t - T_{\text{mean}}^{cc}(U)}{T_{\text{mean}}^{cc}(U) - T_{\text{min}}^{cc}(U)} \right], \\ \text{если } (t - T_{\text{mean}}^{cc}(U)) \leq 0; \\ 0,5 + \Phi \left[ 3,224 \frac{t - T_{\text{mean}}^{cc}(U)}{T_{\text{max}}^{cc}(U) - T_{\text{mean}}^{cc}(U)} \right], \\ \text{если } (t - T_{\text{mean}}^{cc}(U)) > 0, \end{cases} \end{aligned} \quad (23)$$

где  $\Phi[\cdot]$  — функция Лапласа.

Выражение (23) позволяет установить вероятность потери сознания при постоянном барометрическом давлении (высоте над уровнем моря) в течение всего времени пребывания человека в этих условиях, что делает невозможным использование этих моделей при изменяющемся барометрическом давлении (в частности, применительно к условиям полета на самолете с разгерметизированным пассажирским салоном). Дозовый подход позволяет преодолеть это ограничение, так как доза по определению (1) учитывает динамику интенсивности гипоксического воздействия во времени.

С учетом уравнений (4), (12)–(23) модель, позволяющая рассчитать вероятность потери сознания  $W_D^{pc}$  в зависимости от дозы гипоксического воздействия, будет иметь вид

$$\begin{aligned} W_D^{pc} &= \\ &= \begin{cases} 0,5 - \Phi \left[ 3,224 \frac{\sum_{i=1}^n U(t_i) \Delta t - D_{50\%}^{pc}}{D_{50\%}^{pc} - D_{0,1\%}^{pc}} \right], \\ \text{если } \left( \sum_{i=1}^n U(t_i) \Delta t - D_{50\%}^{pc} \right) \leq 0; \\ 0,5 + \Phi \left[ 3,224 \frac{\sum_{i=1}^n U(t_i)^\alpha \Delta t - D_{50\%}^{pc}}{D_{99,9\%}^{pc} - D_{50\%}^{pc}} \right], \\ \text{если } \left( \sum_{i=1}^n U(t_i)^\alpha \Delta t - D_{50\%}^{pc} \right) > 0. \end{cases} \end{aligned} \quad (24)$$

Подставляя в выражение (24) значения  $D_{99,9}^{пс}$  %,  $D_{50}^{пс}$  %,  $D_{0,1}^{пс}$  % из формул (18)–(20), получим

$$W_D^{пс} = \begin{cases} 0,5 - \Phi \left[ 3,224 \frac{\sum_{i=1}^n U(t_i) \Delta t - 367,23}{181,08} \right], \\ \text{если } \left( \sum_{i=1}^n U(t_i) \Delta t - 367,23 \right) \leq 0; \\ 0,5 + \Phi \left[ 3,224 \frac{\sum_{i=1}^n U(t_i)^\alpha \Delta t - 367,23}{343,14} \right], \\ \text{если } \left( \sum_{i=1}^n U(t_i)^\alpha \Delta t - 367,23 \right) > 0, \end{cases} \quad (25)$$

где  $\alpha$  определяется по формуле (21).

Графическое отображение зависимости (25) представлено на рис. 2. Зависимость вероятности потери сознания от дозы гипоксического воздействия является композицией двух усеченных нормальных распределений со средними значениями  $M_1 = M_2 = 367,23$  кПа·с, и среднеквадратическими отклонениями  $\sigma_1 = 58,319$  кПа·с;  $\sigma_2 = 110,512$  кПа·с.

Используя выражения (4), (5), (20), можно получить формулы для определения резервного (остаточного) времени до наступления события, характеризующегося потерей сознания у 99,9 % людей ( $t_i^{пс}$ ) в произвольный момент времени  $t_i$ .

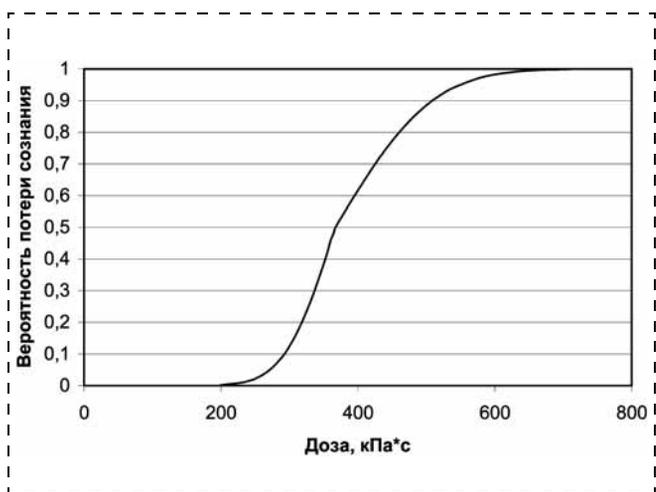


Рис. 2. Зависимость вероятности потери сознания от дозы гипоксического воздействия

$$t_i^{пс} = \frac{710,37 - 0,2093 \left[ \sum_{i=1}^n (P_{6500} - P_{го}(t_i)) \Delta t \right]}{0,2093 (P_{6500} - P_{го}(t_i))};$$

$$t_i^{пс} = \infty \rightarrow \forall P_{го}(t_i) \geq P_{6500}. \quad (26)$$

Разработанная методология дозового подхода и реализующее ее математическое обеспечение позволяют определить и время восстановления физиологического состояния человека после воздействия гипоксической среды. Временем начала восстановления сознания является момент, которому соответствует значение высоты, равное 6500 м (с математической точки зрения это означает изменение знака дозы в выражении (4)), а временем его завершения — равенство по модулю положительных и отрицательных значений доз гипоксии.

Аналитическое выражение дозы компенсации гипоксии на этапе восстановления сознания имеет вид

$$D_h < 6500(t_j) =$$

$$= D_h > 6500 + 0,2093 \left[ \sum_{j=1}^m (P_{6500} - P_{го}(t_j)) \Delta t \right] \rightarrow$$

$$\rightarrow \forall P_{го}(t_j) \geq P_{6500}. \quad (27)$$

Здесь индексы  $j$  и  $m$  используются для обозначения операций суммирования компенсационных доз гипоксии на высотах менее 6500 м.

Выполнение условия

$$D_h > 6500 = D_h < 6500(t_j) \quad (28)$$

свидетельствует о полной компенсации дозы гипоксии, полученной на высотах, превышающих 6500 м, и восстановлении сознания, а значение  $t_j$  фиксирует время этого события.

По аналогии с выражением (25) можно записать уравнение, по которому рассчитывается оценка вероятности потери сознания при неполной компенсации экспозиционной дозы гипоксии на высотах менее 6500 м.

$$W_D^{пс} = \begin{cases} 0,5 - \Phi \left[ 3,224 \frac{(D_h < 6500(t_j) - 367,23)}{181,08} \right], \\ \text{если } (D_h < 6500(t_j) - 367,23) \leq 0; \\ 0,5 + \Phi \left[ 3,224 \frac{(D_h < 6500(t_j) - 367,23)}{343,14} \right], \\ \text{если } (D_h < 6500(t_j) - 367,23) > 0, \end{cases} \quad (29)$$

где  $D_h < 6500(t_j)$  определяется по формуле (27).



Разработанные модели обеспечивают вычисление вероятностей возникновения потери сознания для любых профилей изменения парциального давления кислорода в трахеальном воздухе.

### Верификация разработанного методического обеспечения

С целью верификации разработанных математических моделей проведен вычислительный эксперимент с использованием данных реального авиационного инцидента, происшедшего на самолете Ту-154 18.05.1998 г. Использовались результаты расшифровки параметров изменения высоты полета и "высоты" в салоне самолета в период от 1700 до 3000 с полета по данным средств объективного контроля, предоставленным Межгосударственным авиационным комитетом (рис. 3).

Как следует из рис. 3, в период от 1750 до 1800 с полета имело место превышение избыточного давления в гермокабине, которое на 1830 с (30 мин) сменилось резким (за 100 с) увеличением высоты в салоне (полная разгерметизация в салоне). Экипаж изменил эшелон полета с 10 000 м до 8000 м, а затем до 7500 м. Полет на этой высоте продолжался в течение 510 с (8,5 мин). Затем самолет снизился до высоты 4000 м и после устранения разгерметизации кабины к 3800 с (64 мин) полет был продолжен на высоте 9000 м и завершен на аэродроме назначения к 5700 с (95 мин) полета.

Результаты расследования инцидента показали, что одним из членов экипажа была допущена ошибка — вместо переключения на резервный регулятор соотношения давления (РСД) был включен тумблер выпускного клапана (типа Кл. 6894), что привело к принудительной разгерметизации

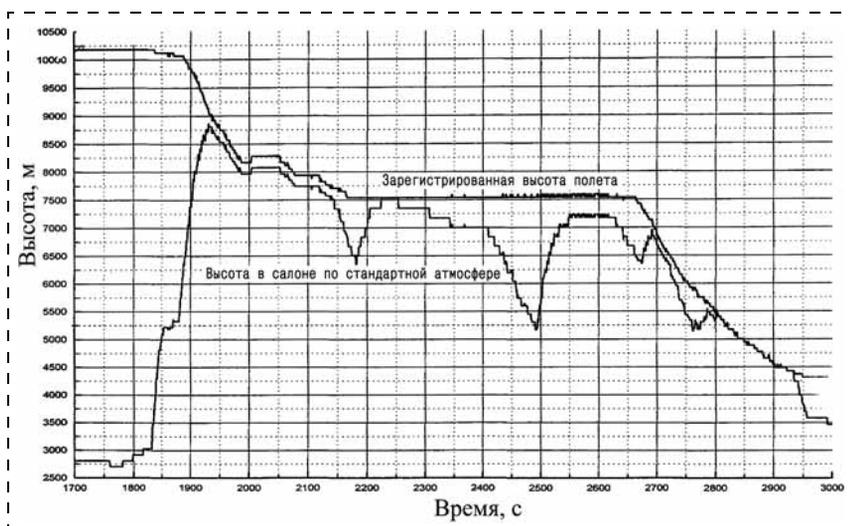


Рис. 3. Изменение высоты полета и высоты в салоне самолета Ту-154 по данным средств объективного контроля

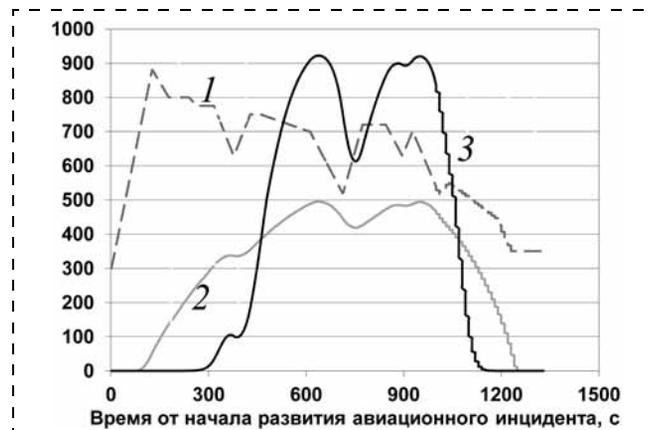


Рис. 4. Изменения высоты в кабине, дозы гипоксического воздействия, вероятности потери сознания в процессе развития авиационного инцидента:

1 — высота в кабине, м·10; 2 — доза, кПа·с/10; 3 — вероятность ПС, %/10

салона. Эта ошибка была распознана лишь через 14 мин. Весь этот период экипаж в соответствии с Руководством по летной эксплуатации находился в кислородных масках.

Второй ошибкой экипажа явилось то, что самолет снизился лишь до высоты 8000...7500 м, а не до 4000 м как положено в таких ситуациях. При этом пассажиры (52 человека) и стюарды (6 человек) находились в разгерметизированном салоне без дополнительного кислородного обеспечения (точка кислородного питания находилась только в помещении для стюардов).

Как свидетельствуют пассажиры и (неофициально) стюарды, практически все пассажиры в той или иной степени выраженности потеряли сознание. Однако за этот относительно непродолжительный период никто из пассажиров не погиб.

Традиционный вариант расчета риска потери сознания у пассажиров по данным резервного времени переносимости гипоксии при постоянно изменяющейся высоте в салоне от 3000 до 8700 м не позволяет дать оценку вероятности потери сознания.

Использование разработанного математического обеспечения при ретроспективном анализе инцидента позволило по предложенным математическим моделям рассчитать дозу гипоксического воздействия и получить количественную оценку риска потери сознания. На рис. 4 приведены кривые изменения высоты в кабине, дозы гипоксии, вероят-

ностей потери сознания в процессе развития авиационного инцидента.

Результаты расчета вероятности потери сознания пассажиров — 93 % достаточно хорошо согласуются с материалами расследования авиационного инцидента. Из 58 человек, находившихся в салоне без дополнительного кислородного обеспечения, только один сохранил относительную работоспособность и сумел воспользоваться кислородной маской, т. е. фактически потеряли сознание 98 % людей, находившихся в пассажирском салоне воздушного судна.

Таким образом, результаты вычислительного эксперимента с использованием данных реального авиационного инцидента, связанного с разгерметизацией воздушного судна, подтвердили валидность разработанных рискометрических моделей.

\* \* \*

Формализация применения дозового принципа к синтезу математических моделей и алгоритмов оценивания вероятностей развития опасных физиологических состояний человека в условиях воздействия гипоксической газовой среды позволила сформировать структуру математического обеспечения, обеспечившего переход в динамическую область исследования эффектов воздействия гипоксической газовой среды на человека, что имеет важное прикладное значение не только для разработки средств и методов защиты, но и для синтеза законов управления человеко-машинными системами, эксплуатирующимися в условиях высокого риска развития гипоксических состояний человека.

*Работа поддержана РФФИ, грант 12-08-01273-а.*

#### Список литературы

1. **Тарасевич Д.** Гипоксия (кислородное голодание) / Д. Тарасевич // Проблемы безопасности полетов. — 2009. — № 11. — С. 12—17.
2. **Авиационная медицина:** Руководство / Под ред. Н. М. Рудного, П. В. Васильева, С. А. Гозулова. — М.: Медицина, 1986. — 580 с.
3. **Дворников М. В.** Дозовый подход при обосновании предельно-переносимых уровней кислородного голодания субкритических величин / М. В. Дворников, Ю. А. Кукушкин, В. К. Степанов, А. В. Грудзинский // Человеческий фактор в авиации и космонавтике: сборник научных трудов МАИ. — М.: Полет, 2007. — С. 238—241.
4. **Дворников М. В.** Анализ проблем эксплуатации средств защиты летчика от воздействия высотного фактора / М. В. Дворни-

- ков, Ю. А. Кукушкин, А. В. Богомолов, В. К. Степанов, В. А. Сухолишко // Проблемы безопасности полетов. — 2002. — № 10. — С. 27—31.
5. **Бухтияров И. В.** Технология биоадаптивного управления функционированием средств обеспечения жизнедеятельности человека в условиях измененной газовой среды / И. В. Бухтияров, М. В. Дворников, А. В. Богомолов, Ю. А. Кукушкин, В. М. Усов и др. // Безопасность жизнедеятельности. — 2004. — № 5. — С. 32—36.
6. **Кукушкин Ю. А.** Методика определения потенциальной ненадежности действий и резервного времени сохранения работоспособности летчика в высотном полете / Ю. А. Кукушкин, А. В. Богомолов, М. В. Дворников, В. К. Степанов, В. А. Сухолишко // Проблемы безопасности полетов. — 2002. — № 10. — С. 22—27.
7. **Малкин В. Б.** Острая и хроническая гипоксия / В. Б. Малкин, Е. В. Гиппенрейтер — М.: Наука, 1977. — 317 с.
8. **Кукушкин Ю. А.** Особенности поддержки принятия решений по устранению особых событий и опасных состояний летчика в высотном полете / Ю. А. Кукушкин, М. В. Дворников, А. В. Богомолов, А. А. Шишов и др. // Проблемы безопасности полетов. — 2009. — № 1. — С. 34—42.
9. **Гридин Л. А.** Методологические основы исследования физической работоспособности человека / Л. А. Гридин, А. В. Богомолов, Ю. А. Кукушкин // Актуальные проблемы физической подготовки силовых структур. — 2011. — № 1. — С. 10—19.
10. **Машиностроение. Энциклопедия.** Самолеты и вертолеты. Т. IV-21. Проектирование, конструкции и системы самолетов и вертолетов. Кн. 2 / А. М. Матвиенко, А. И. Акимов, М. Г. Акопов и др. / Под общ. ред. А. М. Матвиенко. — М.: Машиностроение, 2004. — 752 с.
11. **Акопов М. Г.** Расчет и проектирование авиационных систем индивидуального жизнеобеспечения / М. Г. Акопов, М. И. Дудник. — М.: Машиностроение, 1985. — 232 с.
12. **Ушаков И. Б.** Методические подходы к количественному оцениванию риска нарушения функционального состояния человека / И. Б. Ушаков, Ю. А. Кукушкин, А. В. Богомолов // Владикавказский медико-биологический вестник. — 2004. — Том IV. — Выпуск 7, 8. — С. 96—103.
13. **Ушаков И. Б.** Потенциальная ненадежность действий оператора как характеристика степени влияния физико-химических факторов условий деятельности / И. Б. Ушаков, Ю. А. Кукушкин, А. В. Богомолов, В. Н. Карпов // Безопасность жизнедеятельности. — 2001. — № 1. — С. 24—29.
14. **Ушаков И. Б.** Методологические аспекты динамического контроля функциональных состояний операторов опасных профессий / И. Б. Ушаков, А. В. Богомолов, Ю. А. Кукушкин // Медико-биологические и социально-психологические проблемы безопасности в чрезвычайных ситуациях. — 2010. — № 4, часть 2. — С. 6—12.
15. **Кукушкин Ю. А.** Автоматизированная система поддержки принятия решений о соответствии средств защиты летчика от воздействия высотного фактора параметрам полета / Ю. А. Кукушкин, М. В. Дворников, А. В. Богомолов, Ю. Ю. Кисляков, В. М. Усов // Вестник Международной академии человека в аэрокосмических системах. — 2000. — № 1. — С. 22—25.

УДК 331.4:622 (571.56)

**Н. И. Андреев**, ст. преп., **Е. Н. Чемезов**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, Северо-Восточный Федеральный университет им. М. К. Аммосова, г. Якутск  
E-mail: Prombez2011@mail.ru

## Состояние производственного травматизма на промышленных предприятиях Республики Саха (Якутия)

*Приводятся данные анализа причин производственного травматизма на промышленных предприятиях Республики Саха (Якутия), характеризуется состояние травматизма в различных отраслях экономики.*

**Ключевые слова:** травматизм, причины, анализ, промышленные предприятия, динамика, исследование

**Andreev N. I., Chemezov E. N. State of production traumatism in industrial enterprises of the Sakha Republic (Yakutia)**

*There is analysis of reasons of production traumatism in industrial enterprises of the Sakha Republic (Yakutia) in the article. State of traumatism in branches of economy is described.*

**Keywords:** traumatism, reasons, analysis, industrial enterprises, dynamics, research

В соответствии с полномочиями, установленными частью 8 статьи 356 Трудового кодекса РФ и п. 2.2.6. Положения о Государственной инспекции труда в Республике Саха (Якутия), осуществлялось обобщение сведений о несчастных случаях на производстве и проведение анализа состояния и причин производственного травматизма в республике.

Результаты проведенного анализа свидетельствуют, что в 2011 г. в организациях республики отмечается снижение общего количества несчастных случаев на производстве, в том числе с тяжелым исходом (см. таблицу).

**Динамика зарегистрированных в Республике Саха (Якутия) несчастных случаев на производстве 2007–2011 гг.**

Несчастные случаи	Число несчастных случаев по годам				
	2007	2008	2009	2010	2011
Тяжелые	74	64	64	62	59
Смертельные	33	37	29	32	17
Групповые	12	6	11	15	4
Итого	119	107	104	109	80

При несчастных случаях с тяжелыми последствиями не было допущено травматизма лиц в возрасте до 18 лет. По данным Государственной инспекции труда в РС(Я) в 2011 г. в организациях и предприятиях республики произошло 17 несчастных случаев со смертельным исходом (в 2010 году — 32 случая) — снижение на 47 %; с тяжелым исходом — 59 случаев (в 2010 г. — 62 случая) — уменьшение на 4,8 % и 4 групповых (в 2010 году — 15 случаев) — уменьшение на 71,4 %.

Наибольший удельный вес пострадавших от несчастных случаев на производстве с тяжелыми последствиями распределился по отраслям экономики следующим образом, добыча полезных ископаемых — 27,5 %, строительство — 13,7 %, производство и распределение электроэнергии, газа и тепла — 12,5 %, транспорт и связь — 10 %, обрабатывающие производства — 8,7 и т. д. (рис. 1).

В 2011 г. наибольшее количество погибших в результате несчастных случаев на производстве со смертельным исходом наблюдается в организациях таких видов как добыча полезных ископаемых и строительство. В этом же году снижение абсолютного количества погибших



Рис. 1. Удельный вес пострадавших от несчастных случаев на производстве с тяжелыми последствиями по отраслям экономики в 2011 г.



**Рис. 2.** Динамика зарегистрированных в Республике Саха (Якутия) несчастных случаев (слева — направо групповых, с тяжёлым, смертельным исходом) на производстве за 12 месяцев

в результате несчастных случаев на производстве отмечено в организациях сельского хозяйства, по добыче полезных ископаемых, транспорта и связи. Вместе с тем увеличилось число погибших на производстве работников, связанных с операциями с недвижимым имуществом, образованием. Не допустили производственного травматизма со смертельным исходом такие организации как обрабатывающие производства, предоставление коммунальных услуг, органы государственного управления.

Результаты проведенного анализа свидетельствуют, что благодаря комплексу принимаемых мер, включая результаты проведенных плановых и внеплановых проверок соблюдения трудового законодательства в области охраны труда в Республике Саха (Якутия) в 2011 г. по сравнению с 2010 г., удалось сохранить снижение количества несчастных случаев на производстве с тяжелыми последствиями (рис. 2).

Из-за сложных климатических условий в Якутии происходят несчастные случаи с тяжелыми последствиями, в том числе и групповые в результате дорожно-транспортных происшествий. Основными причинами указанных несчастных случаев являются такие как плохая видимость на дорогах из-за сильного тумана, обледенения дорог, воздействие пониженной температуры воздуха и также нарушение правил дорожного движения, износ транспортных средств [1]. Несчастные случаи со смертельным исходом были допущены в Мирнинском, Ленском, Алданском, Нерюнгринском, Олекминском, Чурапчинском, Вилюйском улусах и в г. Якутске.

Существует целый ряд объективных причин, способствующих увеличению числа и тяжести несчастных случаев. Изучение этих причин, познание некоторых из них, способствует их устранению [2].

Анализ материалов расследования несчастных случаев на производстве с тяжелыми последствиями, происшедших в 2011 г., показывает, что при-

чины несчастных случаев распределяются следующим образом:

33,7 % — *неудовлетворительная организация производства работ*, например:

— 12.04.2011 г. при выполнении работ по перегону комбайна DBT-СМ25М3 и самоходной машины "Shuttle Car" 10SC32В фирмы JOY от сбойки к месту резки разрезной печи по штреку и дальнейшей проходки разрезной печи получил тяжелую травму проходчик 4-го разряда;

— 06.02.2011 г. при вывозе горной породы автосамосвалом БелАЗ из-под двух экскаваторов ЭКГ-5А получил травму, несовместимую с жизнью, водитель автосамосвала.

7,5 % — *нарушение технологического процесса*, например:

— 25.10.2011 г. при выполнении работ по перекачке воды при помощи насоса из котельной в расширенный бак получил тяжелую травму водитель;

— 05.10.2011 г. при динамическом испытании велосипедного крана произошло его обрушение, в результате которого погибло два работника;

7,5 % — *нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств*, например:

— 29.07.2011 г. при передвижении по трассе Витим — Талаканское НГКМ тракторист, управляя гусеничным тягачом с открытым водительским люком, получил травму, несовместимую с жизнью;

— 19.07.2011 г. при направлении экскаватора "Хитачи" к автомашине "Урал"-375 для заправки топливом машинист экскаватора не заметил находившегося рядом с автомашиной водителя и наехал на него правой гусеницей экскаватора, в результате чего водитель скончался от полученных травм.

8,7 % — *нарушение правил дорожного движения*, например:

— 21.07.2011 г. водитель, выехав на встречную полосу, попал в дорожно-транспортное происшествие, в результате чего получил тяжелую травму;

— 20.01.2011 г. водитель, находясь в состоянии алкогольного опьянения, совершил выезд с дороги с последующим опрокидыванием транспортного средства, что привело к травме, несовместимой с жизнью.

5 % — *неудовлетворительное содержание и недостатки в организации рабочих мест*, например:

— 25.01.2011 г. при выходе из вахтового вагончика водитель зацепился ногой о ступень лестницы, упал и получил тяжелую травму спины;

— 27.07.2011 г. при установке анкера произошло его заклинивание и перемещение бурового анкероустановщика на место нахождения проходчика, в результате проходчик получил тяжелые травмы.

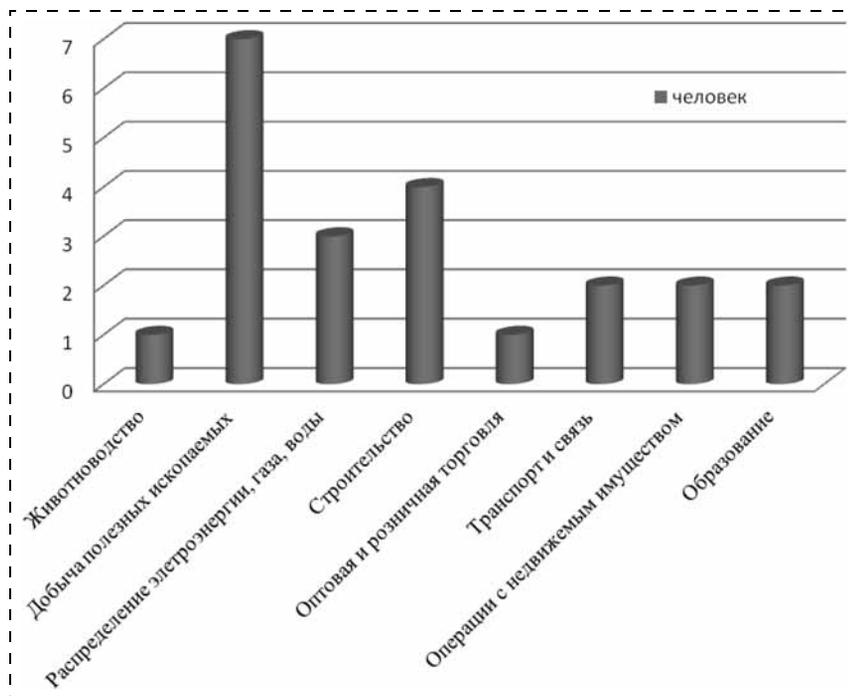


Рис. 3. Структура количества пострадавших при несчастных случаях на производстве со смертельным исходом по видам экономической деятельности, происшедших в 2011 г.

20 % — *прочие причины*, например:

— 17.05.2011 г. механик упал с лестницы в результате внезапного приступа эпилепсии;

— 26.04.2011 г. водитель буровой установки во время обдува и чистки буровой установки не воспользовался лестницей и упал, получив травму, несовместимую с жизнью.

17,6 % — *другие причины*.

Несчастные случаи на производстве, происшедшие в 2011 г., характеризуются следующими данными по видам:

32,5 % — *падение пострадавшего с высоты*, например: при выполнении ремонтных работ в здании монтажник санитарно-технических систем и оборудования при спуске с лестницы не удержался и упал вниз, получив травмы, несовместимые с жизнью; контролер протирала пыль на шкафах и упала вниз получив тяжелую травму спины.

21,2 % — *транспортные происшествия*, например: водитель в результате неосторожных действий совершил наезд на бетонное ограждение, в результате чего получил тяжелые травмы; тракторист покинул кабину трактора, оставив рычаг переключения передач на первой скорости, вследствие чего трактор начал движение по кругу без участия водителя, в результате тракторист получил травму, несовместимую с жизнью.

16,2 % — *падение, обрушение, обвал предметов, материалов*, например: при выполнении затяжки кровли произошел внезапный вывал образовавшегося закола, в результате чего проходчик 3-го разряда получил тяжелую травму спины;

16,2 % — *воздействие движущихся, разлетающихся, вращающихся предметов*, например: при отгрузке горной массы из рудоспусков подземный горнорабочий получил травму, несовместимую с жизнью; при ремонте автомобиля водитель получил тяжелую травму в результате взрыва редуктора;

2,5 % — *воздействие экстремальных температур и других природных факторов*, например: при розыске оленей оленевод — пастух провалился под лед в воду вместе с оленьей упряжкой, в результате получил тяжелую травму ног.

11,4 % — *другие виды*.

Структура несчастных случаев со смертельным исходом характеризуется данными, приведенными на рис. 3.

По данным ГУ РО ФСС РФ по Республике Саха (Якутия) из общего числа (81) пострадавших в результате несчастных случаев на производстве с тяжелыми последствиями 53 пострадавшим назначены обеспечения по социальному страхованию. Из них трое — не имеют иждивенцев, четверо — получили I—II группу инвалидности, 16 — выздоровело, по остальным пострадавшим идет оформление для назначения страховых выплат.

В 2011 г. сохранилась позитивная тенденция снижения абсолютного количества погибших на производстве. Наибольшее число пострадавших со смертельным исходом приходится на горную промышленность, распределение электроэнергии, газа и воды и строительство, основными опасными факторами в которых являются: обвалы, машины и механизмы, электрический ток, взрывы газа и пыли, падения с высоты и др.

Несмотря на то что частота травматизма на 1000 работающих в Якутии ниже чем в целом по РФ в 1,5—2 раза, вопросам охраны труда необходимо уделять постоянное внимание.

#### Список литературы

1. **Чемезов Е. Н.** Безопасность подземных горных работ. — Якутск: Изд-во Сев.-Вост. Фед. ун-та, 2010.
2. **Чемезов Е. Н.** Безопасность ведения открытых горных работ. Учеб. пос. — М.: Вузовская книга, 2008.

УДК 36.016:355.77

**Г. А. Костецкая**, канд. пед. наук, доц., Российский государственный педагогический университет имени А. И. Герцена, Санкт-Петербург  
E-mail: galina-kosteckaya@yandex.ru

## Основы безопасности жизнедеятельности в школе: возможности, проблемы и перспективы

*В статье показаны возможности, проблемы и перспективы развития школьного курса "Основы безопасности жизнедеятельности" в связи с поэтапным внедрением новых образовательных стандартов для общеобразовательной школы.*

**Ключевые слова:** общее образование, образовательные стандарты, образовательные результаты, курс "Основы безопасности жизнедеятельности", интеграция содержания образования

**Kosteckaya G. Basics of safety of life activity in school: opportunities, problems and prospects**

*The article shows the opportunities, problems and prospects of development of the course "Basics of safety of life activity" in connection with the phased introduction of new educational standards for general education schools.*

**Keywords:** the general education, educational standards, educational results, course of "Basics of safety of life activity", the integration of the content of education

В системе общего образования поэтапно внедряются новые федеральные государственные образовательные стандарты (далее — ФГОС). В связи с этим актуальным представляется вопрос о направлениях дальнейшего развития образования школьников в области безопасности жизнедеятельности.

*Каковы роль и место курса "Основы безопасности жизнедеятельности" (далее — ОБЖ) в структуре и содержании общего образования в соответствии с новыми ФГОС?*

Новыми ФГОС курс ОБЖ отнесен к предметной области "Физическая культура и основы безопасности жизнедеятельности" и включен в федеральный компонент базисного учебного плана. При этом учебным планом для основной школы (основное общее образование) изучение предмета ОБЖ предусмотрено на этапе обучения 7—9 класс в объеме 105 часов (1 час в неделю). В базисном учебном плане для старшей школы (полное общее образование) курс ОБЖ включен лишь в вариативную часть федерального компонента в объеме 35 учебных

часов. Это означает, что предмет ОБЖ наши школьники гарантированно будут изучать только в 7—9 классах. Увеличение количества часов на изучение ОБЖ и введение курса в учебные планы других классов возможно за счет регионального компонента базисного плана, т. е. будет определяться региональной образовательной политикой. Таким образом, в новых базисных планах курсу ОБЖ отводится весьма скромное место.

Вместе с тем изучение содержания ФГОС показывает существенную значимость образования школьников в области безопасности жизнедеятельности, что отражено в требованиях к результатам освоения образовательной программы на личностном, метапредметном и на предметном уровнях. Следует отметить, что на уровне предметных результатов освоения курса ОБЖ новыми ФГОС прописаны весьма высокие требования к уровню знаний и умений учащихся. При этом важно, что акценты расставлены в пользу ценностно-ориентационной составляющей планируемых результатов обучения школьников, в том числе в части требований к личностным и метапредметным результатам освоения образовательных программ (табл. 1).

Таким образом, имеет место противоречие между требованиями ФГОС к образовательным результатам школьников в области безопасности жизнедеятельности и условиями обучения, определенными новыми базисными учебными планами для общеобразовательных учреждений. Каковы же причины такого противоречия?

Причины указанного противоречия, как представляется, исходят из изменившейся концепции образовательного стандарта. Новые стандарты ориентированы на перспективное обучение школьников в условиях быстро изменяющегося мира. Если еще вчера образовательный стандарт понимался как минимум знаний по тому или иному предмету, то сегодня, по новому стандарту — это частность. С позиций современной образовательной парадигмы на передний план выступают такие понятия, как индивидуальный образовательный маршрут, свобода выбора, развитие возможностей ребенка, ситуация успеха, программа развития школы. Ситуация, когда не учащийся должен подстраиваться



Таблица 1

**Из требований нового ФГОС основного общего образования к результатам освоения основной образовательной программы (ООП) [5]**

Уровни результатов освоения ООП	Из требований к результатам освоения ООП
Личностные	"...формирование ценности здорового и безопасного образа жизни; усвоение правил индивидуального и коллективного безопасного поведения в чрезвычайных ситуациях, угрожающих жизни и здоровью людей, правил поведения на транспорте и на дорогах; освоение социальных норм, правил поведения...; формирование основ экологической культуры...; развитие опыта экологически ориентированной... деятельности в жизненных ситуациях..." [5, С. 5–7]
Метапредметные	"...умение ... определять способы действий в рамках предложенных условий..., корректировать свои действия в соответствии с изменяющейся ситуацией; ...формирование и развитие экологического мышления, умение применять его в ...социальной практике" [5, С. 7–8]
Предметные	"...формирование и развитие установок активного, экологически целесообразного, здорового и безопасного образа жизни; ...понимание личной и общественной значимости современной культуры безопасности жизнедеятельности; овладение основами современной культуры безопасности жизнедеятельности, понимание ценности экологического качества окружающей среды, как естественной основы безопасности жизни; ...понимание необходимости подготовки граждан к защите Отечества..." [5, С. 21–24]

под образовательную программу, а образовательная программа должна подстраиваться под конкретного школьника — норма уже сегодняшнего дня. В таком контексте новый стандарт можно рассматривать как своеобразный договор между обществом, государством и семьей о требованиях к результатам образования.

*Каким же образом обеспечить выполнение требований ФГОС применительно к образованию школьников в области безопасности жизнедеятельности в предлагаемых условиях?*

Очевидно, что современные реалии требуют новых концептуальных подходов к содержанию и организации общего образования в области безопасности жизнедеятельности, при этом одним из ведущих подходов выступает системно-ориентационный.

С позиций *системно-ориентационного подхода* развитие каждой школы как образовательной системы носит субъектный характер и отличается спецификой проектирования образовательной среды. При этом образовательная система школы должна включать в себя систему образования в области безопасности жизнедеятельности как свою обязательную составляющую, как подсистему. Иными

словами, в школе должна быть сформирована такая образовательная среда, которая бы обеспечивала образование школьников в области безопасности жизнедеятельности.

Каковы возможные направления построения, функционирования и развития такой системы? Какие возможны сценарии организационно-методического обеспечения образования школьников в области безопасности жизнедеятельности? Как обеспечить реализацию содержательного, деятельностного и аксиологического его компонентов?

Просматриваются следующие вероятные траектории развития компонентов школьной системы образования в области безопасности жизнедеятельности:

— интеграция содержания курса ОБЖ и других учебных дисциплин;

— введение отдельного интегрированного курса, объединяющего учебные дисциплины "ОБЖ" и "Экология";

— формирование системы внеклассной работы, направленной на решение образовательных задач в области безопасности жизнедеятельности.

*Интеграция содержания курса ОБЖ и других учебных дисциплин* представляется как процесс объективно обусловленный. Даже в случае благоприятной позиции региональных органов управления образованием по отношению к курсу ОБЖ, которая будет выражаться во введении ОБЖ в учебные планы всех классов основной и полной средней школы, интеграционные процессы, полагаем, неизбежны. Важно отметить, что объективность развития таких интеграционных процессов нашла отражение в содержании новых ФГОС и прослеживается, в частности, в требованиях к личностным и метапредметным результатам освоения образовательных программ [5, 6].

При этом следует подчеркнуть, что речь идет не о фрагментарном включении содержания курса ОБЖ в другие линейные курсы, а об интеграции содержания на основе иных концептуальных подходов, об интеграции, приводящей к новому качеству линейных курсов и направленной на обеспечение нового качества образования школьников. Содержание курса ОБЖ может быть системно включено в содержание отдельных дисциплин предметных областей "Естественные науки", "Общественные науки". Так, проектом нового ФГОС среднего (полного) общего образования предусмотрено частичное включение содержания раздела курса ОБЖ "Основы военной службы" в курс обществознания [6].

Наиболее перспективным направлением такой интеграции представляется *введение отдельного интегрированного курса, объединяющего учебные дисциплины "ОБЖ" и "Экология"* в старшей школе. Чем это обусловлено? Во-первых, большой областью сопряжения содержания курсов ОБЖ и экологии. Во-вторых, актуальностью образования в области

безопасности жизнедеятельности и экологического образования в контексте идей устойчивого развития. В-третьих, отсутствием предмета экология в федеральном компоненте проекта базисного учебного плана. При этом важно, что такая предполагаемая интеграция находит свое отражение в проекте нового ФГОС в части требований к результатам освоения ООП не только на уровне личностных и метапредметных, но и на уровне предметных результатов (табл. 2).

Примечательно, что необходимость сопряжения курсов экологии и ОБЖ как на уровне осуществления межпредметных связей, так и на уровне интеграции отмечают многие исследователи [1, 4].

В проекте нового ФГОС среднего (полного) общего образования отражены требования к предметным результатам освоения интегрированных курсов, которые "...должны быть ориентированы на освоение обучающимися ключевых теорий, идей, понятий, фактов и способов действий совокупности учебных предметов, ...обеспечивающих реализацию мировоззренческих, воспитательных и развивающих задач общего образования, формирование общей культуры обучающихся" [6, С. 7].

Таким образом, согласно требованиям ФГОС, интегрированные курсы должны содействовать личностному, мировоззренческому, общекультурному развитию обучающихся. В связи с этим следует отметить, что влияние эколого-педагогической образовательной среды на процессы ценностного ориентирования школьников разносторонне исследовано в 1998 и 2008 гг. Результаты проведенных исследований выявили существенное влияние

такой среды на развитие ценностных ориентаций учащихся [2]. Подобные исследования, проведенные применительно к образовательному процессу по ОБЖ, также привели к позитивным результатам (2008 г.) [3]. Это означает, что достижение высоких предметных результатов освоения интегрированных курсов, определяемых ФГОС, будет определяться формированием в образовательном учреждении соответствующей педагогической среды. Следовательно, введение интегрированного курса, объединяющего курсы ОБЖ и экологии, будет являться следствием такой образовательной концепции учреждения, в основу которой положено формирование особой педагогической среды, ориентированной на достижение целей образования для устойчивого развития.

Составной частью такой концепции должно стать *формирование системы внеклассной работы, направленной на решение образовательных задач в области безопасности жизнедеятельности*. Внеклассная работа по ОБЖ содействует реализации деятельностного компонента образования школьников в области безопасности жизнедеятельности. Такая форма организации образовательного процесса предоставляет широкие возможности для интеграции ОБЖ с другими курсами в первую очередь с экологией [3, 4].

Проведенные исследования и педагогическая практика показывают, что массовый охват учащихся внеклассной работой по образовательным направлениям "Безопасность жизнедеятельности" и "Экология" может быть обеспечен при выборе форм работы с учетом потребностей детей, их способностей и индивидуальных особенностей [3, 4].

Основанная на вариативности организационных форм и позволяющая обеспечить индивидуальный подход к ребенку внеклассная работа дает возможность решить целый ряд общепедагогических задач: развитие творческих способностей учащихся, формирование их коммуникативных навыков и гражданской позиции. Активная внеклассная работа с детьми в области безопасности жизнедеятельности содействует практической направленности образовательной деятельности школы, способствует развитию личностно-мотивационной сферы школьников, их ценностных ориентаций на формирование здорового образа жизни и безопасной жизнедеятельности.

Выше были обозначены некоторые, с точки зрения автора, возможные векторы развития школьного образования в области безопасности жизнедеятельности, направленные на разрешение противоречия между определенными новыми ФГОС требованиями к результатам освоения учащимися курса ОБЖ и предлагаемыми условиями обучения. При этом следует отметить, что без образовательной политики, направленной на поддержку и развитие образования школьников в области безопасности жизнедеятель-

Таблица 2

**Из требований нового ФГОС среднего (полного) общего образования (проект) к предметным результатам освоения курсов "ОБЖ" и "Экология" [6]**

Учебные курсы	Из требований к предметным результатам освоения учебных курсов
ОБЖ	"...сформированность представлений о культуре безопасности жизнедеятельности, в том числе о культуре экологической безопасности...; знание распространенных опасных и чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и социального характера; ...умение применять полученные знания в области безопасности на практике; ...проектировать модели личного безопасного поведения в повседневной жизни и в различных опасных и чрезвычайных ситуациях..." [6, С. 25–26]
Экология	"...сформированность экологического мышления и способности учитывать и оценивать экологические последствия в разных сферах деятельности; ...владение умениями применять экологические знания в жизненных ситуациях...; ...владение знаниями экологических императивов... в интересах сохранения окружающей среды, здоровья и безопасности жизни; ...сформированность способности к выполнению проектов ... социальной деятельности, связанных с экологической безопасностью" [6, С. 24–25]



ности, без системного ресурсного обеспечения школ достичь определяемых ФГОС образовательных результатов не представляется возможным. Значительную актуальность представляет следующее:

1) необходимость повышения статуса курса ОБЖ; при этом важно, что отношение к этому учебному предмету должно быть изменено как в системе образования (на управленческом уровне и в педагогической среде), так и в общественном сознании;

2) совершенствование материально-технического, методического и организационно-педагогического обеспечения учебного процесса по ОБЖ, направленного на его соответствие современным требованиям.

Необходимо отметить, что обе обозначенные проблемы явно коррелируют, а значит, решение одной из них будет содействовать решению другой.

#### Список литературы

1. **Алексеев С. В.** Методология компетентностного подхода в системе экологического образования // Окружающая

среда, безопасность и здоровье человека: Сборник научных трудов // Под общей ред. С. В. Алексеева. — СПб.: СПбАППО, 2008. — С. 159—174.

2. **Костецкая Г. А.** Эколого-педагогическая среда образовательного учреждения и развитие личностно-мотивационной сферы школьников // Окружающая среда, безопасность и здоровье человека: Сборник научных трудов / Под общей ред. С. В. Алексеева. — СПб.: СПбАППО, 2008. — С. 277—282.
3. **Костецкая Г. А.** Формирование культуры безопасности жизнедеятельности школьника: ценностно-ориентационный аспект проблемы // Детство и социокультурная прогностика: Материалы XVI Международной конференции "Ребенок в современном мире. Детство и социокультурная прогностика". — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. — С. 177—182.
4. **Пономарева И. Н., Соломин В. П.** Экологическое образование в российской школе: История. Теория. Методика / Под ред. В. П. Соломина. — СПб.: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2005. — 415 с.
5. **www.mon.gov.ru** — Официальный сайт Министерства образования и науки РФ. — Образование. — Новые ФГОС. — ФГОС основного общего образования.
6. **www.mon.gov.ru** — Официальный сайт Министерства образования и науки РФ. — Образование. — Новые ФГОС. — ФГОС среднего (полного) общего образования.

## ПРЕДСТАВЛЯЕМ КАФЕДРУ

УДК 331.45:622

**Г. И. Коршунов**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, **А. Н. Никулин**, канд. техн. наук, доц., зам. зав. кафедрой, **П. И. Афанасьев**, канд. техн. наук, асс., зав. лаб., Национальный минерально-сырьевой университет "Горный", г. Санкт-Петербург  
E-mail: nikulin-rus@yandex.ru

## История развития кафедры "Безопасность производств" Национального минерально-сырьевого университета "Горный"

*Статья посвящена основным вехам в истории создания и развития кафедры "Безопасности производств" Национального минерально-сырьевого университета "Горный".*

**Ключевые слова:** горный университет, кафедра, производственная безопасность, аэрология, охрана труда, горный инженер, история, учебный процесс

**Korshunov G. I., Nikulin A. N., Afanasev P. I.**  
*Historical information about department of safety productions*

*Article to the main marks in the history of creation and development department of safety productions "National mineral university "Mining" is devoted.*

**Keywords:** mining university, department, production safety, aerology, labor protection, mining engineer, history, educational process

В период роста объемов горно-промышленного производства Советской России в 1937 г. доцентом Ленинградского горного института (ЛГИ) **В. Б. Комаровым** была создана кафедра "Рудничная вентиляция". Владимир Борисович Комаров после окончания ЛГИ в 1921 г. был оставлен в институте научным сотрудником кафедры "Горное искусство", затем работал в должности младшего и старшего ассистента. В 1930 г. он был избран и в 1934 г. утвержден в должности доцента для чтения лекций по проходимке выработок, вентиляции и освещению. В 1938 г. ему присуждена ученая степень кандидата технических наук. В 1943 г. В. Б. Комаров защищает докторскую диссертацию, ему присваивается ученое звание профессора.

В 1945 г. на базе кафедр "Рудничная вентиляция" и "Буровзрывное дело и техника безопасности" создается кафедра "Рудничная вентиляция и техника безопасности", которая в 1964 г. переименовывается в кафедру "Рудничная вентиляция и охрана труда". Зав. объединенной кафедрой был назначен В. Б. Комаров.



**Владимир Борисович Комаров**  
(1890—1971)

Он занимался комплексным исследованием шахт Донбасса, Караганды, Урала, Воркуты, Кольского полуострова, Норильска, Северного Кавказа. Выполненные в предвоенные, военные и послевоенные годы вскрыли основные недостатки способов проветривания шахт и определили меры по их устранению. В. Б. Комаров совместно с академиком А. А. Скочинским положили начало созданию научных основ проектирования вентиляции шахт.

В. Б. Комаров является автором более 100 научных работ в области рудничной аэрогазодинамики, проектирования вентиляции шахт и техники безопасности. За период научной деятельности В. Б. Комаров подготовил более 30 кандидатов технических наук.

Владимир Борисович Комаров Лауреат Государственной премии СССР, Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, награжден двумя орденами Ленина, орденом Трудового Красного Знамени и многими медалями.

#### Основные научные труды В. Б. Комарова:

1. Внезапные выделения газа (причины их и способы борьбы с ними). — М.: Гострудинат, 1930.
2. Вентиляция рудников. Материалы для проектирования вентиляции рудников. — Л.-М.—Новосибирск: Государственное научно-техническое горно-геологическое и нефтяное издательство, 1933.
3. Рудничное освещение. ОНТИ НКТП, 1934.
4. Рудничная вентиляция. ГОНТИ НКТП СССР, 1938.
5. Коэффициент трения воздуха типовых выработок Уральских медных рудников. Л., 1938.
6. Руководство для обследования шахтных вентиляционных установок. — М.: Углетехиздат, 1949.
7. Рудничная вентиляция (совместно с А. А. Скочинским). — М.: Углетехиздат, 1949.
8. Рудничная вентиляция (совместно с Ш. Х. Килькеевым). — М.: Металлургиздат, 1959.

С 1964 по 1975 гг. кафедрой "Рудничная вентиляция и охрана труда" руководил заслуженный деятель науки и техники РСФСР, проф., д-р техн. наук **П. И. Мустель**. Павел Иванович Мустель закончил ЛГИ в 1937 г. и в течение года работал в тресте "Карагандауголь". В 1938 г. вернулся в ЛГИ и под руководством проф. В. Б. Комарова начал заниматься определением коэффициентов аэродинамического сопротивления и исследованиями в области проветривания тупиковых выработок. В результате исследований им были получены расчетные формулы для проветривания выработок при их проходке, получившие широкое распространение в проектных организациях.

В 1943 г. П. И. Мустель защитил кандидатскую диссертацию и продолжал плодотворно трудиться в области аэродинамики и определения сопротивления горных выработок как в лабораторных условиях, так и на промышленных предприятиях Хибин, Мончегорска, Садоны, Тырны-Ауза и Донбасса. Эти исследования позволили выявить особенности аэродинамических процессов в стволах различного назначения, дать их математическое описание и защитить в 1956 г. докторскую диссертацию. П. И. Мустель подготовил более 30 кандидатов технических наук.

Свою научную и педагогическую деятельность он успешно сочетал с административной работой декана горного факультета (1957—1958 гг.), ректора института (1958—1962 гг.), заведующего кафедрой "Рудничная вентиляция и охраны труда" (1964—1975 гг.) и заместителя председателя учебно-методического совета при МВО СССР.

П. И. Мустель Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, награжден двумя орденами Трудового Красного Знамени и медалями.

#### Основные научные труды П. И. Мустеля:

1. Коэффициент трения воздуха типовых выработок уральских медных рудников (совместно с В. Б. Комаровым). — Л., 1938.
2. Вентиляция шахт. — Металлургиздат, 1957.
3. Основы техники безопасности и противопожарная техника при геологоразведочных работах. — М.: Недра, 1964.
4. Рудничная аэрология. — М.: Недра, 1970.
5. Рудничная аэрология (совместно с А. С. Бурчаковым и К. З. Ушаковым). — М.: Недра, 1971.
6. Справочник по рудничной вентиляции / Под ред. К. З. Ушакова. — М.: Недра, 1977.

С 1976 по 1996 гг. кафедрой руководил проф., д-р техн. наук **И. И. Медведев**, заслуженный деятель науки РФ, академик МАНЭБ. Иннокентий Иннокентьевич Медведев в 1951 г. закончил ЛГИ, а в 1955 г. аспирантуру у профессора В. Б. Комарова и был направлен в Пермский политехнический институт (ППИ), где организовал кафедру "Охрана труда и вентиляция" и до 1971 г. был ее руководителем. Под его руководством был проведен комплекс исследований по вентиляции Верхнекамских калийных рудников и разработаны нормативные документы по их аэрологии, что позволило И. И. Медведеву подготовиться и в 1967 г. защитить докторскую диссертацию. В 1968 г. он был избран на должность проректора по научной работе Пермского политехнического института (ППИ).



**Павел Иванович Мустель**  
(1910—1975)



**Иннокентий Иннокентьевич  
Медведев (1929—1995)**

В 1971 г. И. И. Медведев вернулся в ЛГИ профессором кафедры "Рудничная вентиляция и охрана труда". С 1972 по 1981 г. работал проректором ЛГИ по научной работе, совмещая с 1976 г. деятельность на этом ответственном участке с заведыванием кафедрой "Рудничная вентиляция и охрана труда".

Под руководством И. И. Медведева сотрудники ЛГИ, ППИ, институтов горного дела УО АН России, ВНИИГ, ВНИИСоль и др. провели большой объем исследований по аэродинамике шахт и камер большого объема, а также газового и пылевого режима большинства калийных и каменносоляных рудников России, Украины и Белоруссии.

И. И. Медведев является автором более 200 научных работ, подготовил более 30 кандидатов технических наук. Он сыграл большую роль в создании "Международной академии наук экологии и безопасности" (МАНЭБ) и был ее вице-президентом.

Иннокентий Иннокентьевич Медведев Заслуженный деятель науки и техники РСФСР, награжден орденом Трудового Красного Знамени, медалями и нагрудными знаками.

#### **Основные научные труды И. И. Медведева:**

1. Проветривание калийных и каменносоляных рудников (совместно с М. А. Патрушевым). — М., 1963.
2. Проветривание калийных рудников. — М., 1970.
3. Газовыделения на калийных рудниках (совместно с Г. Д. Поляниной). — М., 1974.
4. Борьба с пылью на калийных рудниках (совместно с А. Е. Красноштейном). — М., 1974.
5. Рудничная аэрология (совместно с К. З. Ушаковым и А. С. Бурчаковым). — М., 1978.
6. Охрана труда (совместно с К. З. Ушаковым, Б. Ф. Кириным, Н. В. Ножкиным, И. А. Бабокиным и М. А. Сребным). — М., 1986.
7. Аэрология горных предприятий (совместно с К. З. Ушаковым, А. С. Бурчаковым и Л. А. Пучковым). — М., 1987.
8. Аэрология калийных рудников (совместно с А. Е. Красноштейном). — Свердловск, 1990.
9. Аэрология карьеров (совместно с Н. З. Битковым). — М., 1992.

С 1996 по 2009 г. — кафедрой руководил заслуженный деятель науки РФ, академик РАЕН, АГН, МАНЭБ, проф., д-р техн. наук **Ю. В. Шувалов**.

В 1996 г. в рамках горного факультета кафедра "Рудничная вентиляция и охрана труда" была объединена с кафедрой "Инженерная экология". Заведующим новой кафедры "Экология, аэрология и охрана труда" был избран Ю. В. Шувалов.

В 2004 г. в процессе реорганизации кафедры "Экология, аэрология и охрана труда" и кафедры "Разработка месторождений открытым способом и разрушение горных пород" были образованы кафедры "Геоэкология", "Разработка месторождений полезных ископаемых" и кафедра "Безопасность производств и разрушение горных пород", заведующим которой был избран проф. Ю. В. Шувалов. Его научная и педагогическая деятельность была неразрывно связана с Горным институтом на протяжении почти полувека.

Выполненные Ю. В. Шуваловым фундаментальные научные исследования в области геоэкологии, горной геомеханики, горной теплофизики и безопасности жизнедеятельности применительно к условиям шахт, рудников и разрезов, разрабатывающих месторождения в наиболее сложных природных условиях, привели к идее максимального использования природных и вторичных ресурсов тепла и холода, а также физических эффектов фазовых переходов воды и льда в технологических системах управления процессами горного производства. Результаты исследований широко внедрены на шахтах Северо-Востока, рудниках Норильска, сланцевых шахтах Северо-Запада.

Широкомасштабные исследования в рамках федеральных, отраслевых и региональных программ 1990—2006 гг. нашли отражение в нормативных документах, внедрении новых технологий на угольных шахтах Донбасса, Воркуты, Кузбасса, сланцевых шахтах России и Эстонии, нефтяных шахтах Яреги, рудниках Зырянска, подземных сооружениях и тоннелях, на газовых и нефтяных месторождениях, а также были развиты в докторских и кандидатских диссертациях учеников Ю. В. Шувалова (18 докторских, 35 кандидатских диссертаций), изложены в более чем 400 публикациях, в том числе в 16 монографиях, 44 патентах и одном научном открытии. Созданная научная школа "Безопасности жизнедеятельности трудящихся в горно-промышленных районах России" включает 10 докторов наук, более 15 кандидатов наук, а также аспирантов и студентов, активно занимающихся исследованиями по основным направлениям эколого-технической безопасности.

Будучи деканом горного факультета, Ю. В. Шувалов организовал агитационную работу на предприятиях горной отрасли для поступления абитуриентов на горный факультет, активизировал работу по открытию на факультете новых специальностей (Инженерная защита окружающей среды, Разработка нефтяных и газовых месторождений, Взрывное дело, Безопасность технологических процессов и производств), создал работоспособную систему организации подготовки инженерных кадров и кадров высшей квалификации. Подготовил более 15 курсов учебных дисциплин.



**Юрий Васильевич Шувалов  
(1940—2009)**

Талантливый ученый, своими трудами известный далеко за пределами России, Ю. В. Шувалов обладал незаурядным даром выражать свои мысли и чувства в поэзии. За свою творческую жизнь он опубликовал 15 сборников стихов, посвященных природе, красоте и любви.

Успешная научная, педагогическая и организационная деятельность была отмечена целым рядом правительственных и отраслевых наград, медалями и дипломами международных и российских выставок и симпозиумов, присвоением почетных званий в России и за рубежом: орденами "Дружбы народов" и "Почетный эколог"; медалями "Ветеран труда", "В память 300-летия Санкт-Петербурга", "Изобретатель СССР"; знаками "Отличник высшей школы", "Шахтерская слава" I, II и III степени; почетными званиями "Заслуженный деятель науки РФ", "Почетный шахтер Монголии", "Европейский профессор в сфере инженерного образования" и др.

### Основные научные труды Ю. В. Шувалова:

1. Регулирование теплового режима шахт и рудников Севера. — Л.: Изд. ЛГИ, 1985.
2. Теплофизические аспекты освоения ресурсов недр. — Л.: Недра, 1988.
3. Тепловой режим глубоких рудников. — М.: Недра, 1993.
4. Оценка влияния условий среды и труда на безопасность жизнедеятельности человека при освоении минерально-сырьевых ресурсов Крайнего Севера. — СПб.: ГАЛАРТ, 2002.
5. Безопасность жизнедеятельности трудящихся горнодобывающих регионов Севера. — СПб.: Изд. МАНЭБ, 2006.
6. Комплексное использование ресурсов и регулирование газового режима шахт Воркутского месторождения. — СПб.: Изд. МАНЭБ, 2006.
7. Борьба с пылью на карьерах по добыче строительных материалов. — СПб.: Изд. МАНЭБ, 2006.
8. Рациональные способы санирования очагов техногенного загрязнения углеводородными соединениями. — СПб.: Изд. МАНЭБ, 2007.

В 2009 г. исполняющим обязанности заведующего кафедрой, а затем и заведующим кафедрой стал **Геннадий Иванович Коршунов** профессор, д-р техн. наук, заслуженный работник высшей школы РФ, заслуженный работник народного хозяйства Республики Коми.

В 2011 г. произошло разделение кафедры на две: "Безопасность производств" (зав. кафедрой — проф. Г. И. Коршунов) и "Взрывное дело".

В 2012 г. к кафедре "Безопасность производств" была присоединена кафедра "Медико-технические системы и безопасность жизнедеятельности" (Северо-Западный государственный заочный технический университет) под руководством доц., канд. техн. наук А. Ф. Романова. Заведующим объединенной кафедры был избран Г. И. Коршунов.

*Основными научными направлениями кафедры являются:*

1. Безопасность труда горнорабочих в условиях агрессивной природной и техногенной среды.

2. Разработка эффективных и ресурсосберегающих технологий добычи и переработки минерального сырья.

3. Исследование физических процессов в технических системах освоения недр Севера.

4. Оптимизация параметров геотехнических систем криолитозоны при управлении процессами по критерию экономии энергии.

5. Научно-методические основы обеспечения технической и экологической безопасности при строительстве и эксплуатации транспортных подземных сооружений.

6. Разработка системы управления и методов мониторинга опасных и вредных производственных факторов при открытой разработке угольных месторождений.

7. Исследование процессов проветривания шахт, рудников и подземных сооружений.

8. Исследование метановыделения в угольных шахтах.

9. Гео-аэрогазодинамика массива горных пород при подземной разработке месторождений полезных ископаемых; вентиляция и дегазация угольных шахт.

С 2004 г. на кафедре "Безопасность производств" осуществлен прием на специальность 280100 "Безопасность технологических процессов и производств", первый выпуск которых состоялся в 2009 г.

В 2011 г. в связи с переходом на федеральные государственные образовательные стандарты кафедра произвела прием по направлению "Горное дело", специализация "Технологическая безопасность и горноспасательное дело".

На кафедре ведется подготовка аспирантов и ежегодно защищается 2—3 аспиранта (соискателя) по специальностям:

- 25.00.20 — Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэродинамика и горная теплофизика.
- 05.26.01 — Охрана труда (в горной промышленности).

За весь период работы кафедры в ее лабораториях были созданы новые приборы для мониторинга атмосферы шахт, рудников и карьеров, разработаны способы и средства управления воздушными потоками, предотвращения взрывов газа и пыли, защиты горнорабочих от травм и профзаболеваний. В научных исследованиях принимали участие крупные ученые и производственники, в том числе профессор **Н. Д. Коцовский** и его ученик академик **А. А. Скочинский**. Кафедрой подготовлено более 50 докторов и 200 кандидатов наук. Профессора кафедры — **В. Б. Комаров**, **П. И. Мустель**, **И. И. Медведев**, **М. М. Сметанин**, **Ю. В. Шувалов** — авторы основных учебников по вентиляции шахт и рудников, охране труда, пожарной безопасности и горной теплофизике.



**Геннадий Иванович Коршунов**



УДК 612.821.001.5:612.015.2.007.2

**Г. И. Коршунов**, д-р техн. наук, проф., **А. Н. Никулин**, канд. техн. наук, доц.,  
**В. Б. Соловьев**, канд. техн. наук, доц., Национальный минерально-сырьевой  
университет "Горный", г. Санкт-Петербург  
E-mail: nikulin-rus@yandex.ru

## Исследование психофизиологического потенциала человека при подготовке горных инженеров\*

*Статья посвящена перспективным научным исследованиям кафедры "Безопасность производств" в области психофизиологического потенциала человека как элемента профессиональной подготовки инженеров по горноспасательному делу. Рассмотрены такие понятия как "эталонный" психофизиологический потенциал и работоспособность человека. Проанализирован коэффициент частоты травматизма в горно-добывающей промышленности России, выделены наиболее подверженные риску возрастные категории. Проведены данные исследований оценки психического состояния человека, определяющей скорость реакции человека на раздражители и принятия единственно правильного решения — "Проба Шульте". Определены основные пути реализации научных основ в образовательный процесс.*

**Ключевые слова:** горное дело, психофизиологическая подготовка, стресс-фактор, травматизм, образовательные программы

**Korshunov G. I., Nikulin A. N., Soloviev V. B.**  
*Researches of psychophysiological potential of the person at training of mining engineers*

*Article is devoted to perspective scientific researches of chair of safety of productions in the field of psychophysiological potential of the person as element of vocational training of engineers on mine-rescue business. Such concepts as "reference" psychophysiological potential and efficiency of the person are considered. The factor of frequency of a injury rate in the mining industry of Russia is analysed, the age categories most subject to risk are allocated. Data of researches of an assessment of a mental condition of the person, reaction of the person defining speed to irritants and acceptances of only correct decision — "Test of Shulta" are carried out. The main ways of realization of scientific bases to educational process are defined.*

**Keywords:** mining industries, psychophysiological preparation, stress factor, injury rate, educational programs

В 2011 г. кафедра "Безопасность производств" Национального минерально-сырьевого университета Горный осуществила первый прием студентов по направлению "Горное дело" на специализацию "Техно-

\* Публикуется в авторской редакции.

логическая безопасность и горно-спасательное дело" согласно федеральному государственному образовательному стандарту высшего профессионального образования (ФГОС ВПО). Область профессиональной деятельности специалистов включает в себя инженерное обеспечение деятельности человека в недрах Земли при эксплуатационной разведке, добыче и переработке полезных ископаемых, строительстве и эксплуатации подземных объектов различного назначения.

Стандарт позволил ввести в учебный план профессионального цикла дисциплины традиционные для кафедры, имеющие наработанную научную и учебную базу, а также новые дисциплины, раскрывающие современные тенденции горного дела в России. Учитывая особенности дальнейшей профессиональной деятельности будущих горных инженеров при организации работ по ликвидации аварий и катастроф, а также спасению людей в условиях горного производства, необходимо дополнять учебный процесс научными представлениями о психофизиологическом потенциале человека. Элементы данного направления рассматриваются в дисциплинах: "Ноксология", "Безопасность жизнедеятельности", "Управление промышленной безопасностью", "Инженерная психология и эргономика". Однако этого недостаточно для формирования психологической подготовки студентов и не дает им представления о характере потенциальных эмоциональных нагрузок. Таким образом, совершенствование учебного процесса по психофизиологической подготовке должно вестись за счет введения в программы традиционных дисциплин новых научных знаний, разработки новых специализированных учебных программ с углубленной практической подготовкой, а также за счет программ производственных практик для отработки теоретических знаний.

Большинство горно-добывающих регионов России обладают природными стресс-факторами, оказывающими постоянное приглушающее влияние на психофизиологические функции человеческого организма. Складывается сложная экологическая обстановка, обусловленная техногенезом, зависящим от интенсивности добычи полезных ископаемых, развития инфраструктуры территории. Вредные производственные процессы ежедневно угнетают как физическое, так и психоэмоциональное состояние организма работника, а в случае развития чрезвычайной ситуации негативные факторы могут привести к его гибели.

Проведенные исследования под руководством проф. Ю. В. Шувалова позволили разработать и апробировать методику оценки психофизиологического потенциала человека, позволяющую в процессе его жизнедеятельности оценить степень отклонения потенциала от "эталонного" для принятия мер по нормализации функционирования организма человека. В основу методики положена установленная закономерность изменения психофизиологического потенциала человека в течение жизни, общая (в безразмерном виде) для людей с различной генетической основой, образом жизни и средой обитания [1, 2].

Для обобщения комплексной характеристики как физического, так и психического здоровья, оценку психофизиологического состояния человека может обеспечить показатель, отражающий качество функционирования организма и его общую выносливость к нагрузкам.

Показатель  $P_{пф}$  "психофизиологический потенциал" характеризует состояние организма человека, изменяющееся в зависимости от напряженности жизнедеятельности и агрессивности окружающей среды.

Оценку состояния организма человека предлагается проводить на основе "эталонной" модели. В качестве критерия сравнения принимается максимально достижимый (эталонный) уровень здоровья, к которому необходимо стремиться при осуществлении мероприятий по защите здоровья человека (рис. 1).

Как видно из графика, психофизиологический потенциал человека с течением жизни меняется и имеет максимум в возрасте около 25 лет. Далее наблюдается параболическое снижение психофизиологического потенциала.

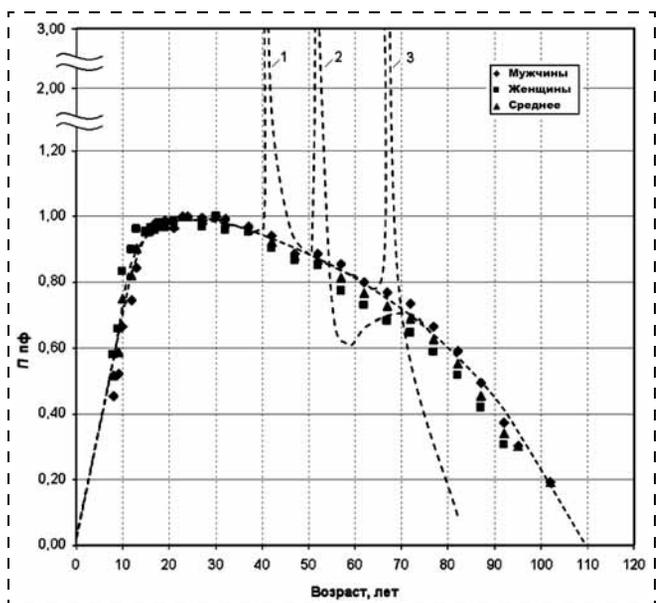


Рис. 1. Изменение эталонного психофизиологического потенциала человека с возрастом:

1 — самовосстановление  $P_{пф}$ ; 2 — восстановление  $P_{пф}$ , происходящее за счет оказания специализированной помощи; 3 — гибель организма

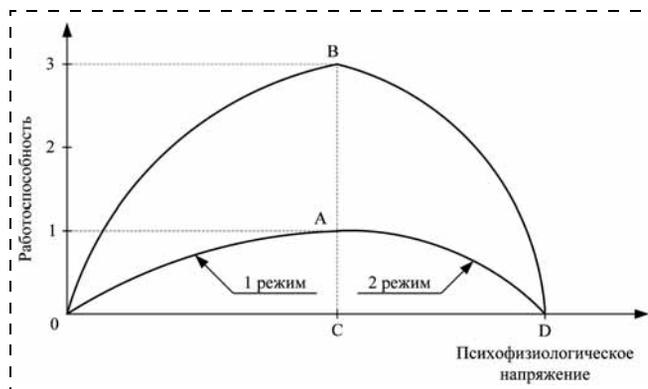


Рис. 2. Кривые работоспособности

Эталонный психофизиологический потенциал  $P_{пф}^{эт}$  предложенный Ю. В. Шуваловым, изменяется от нуля до 1 ( $P_{пф} = P_{пф}^{эт} = 1$ ) и затем опять до нуля в конце жизни ( $P_{пф} = 0$ ). Это справедливо для данной методики, так как измерения психофизиологического потенциала проводились в нормальных условиях жизнедеятельности человека. Человеческий организм в обычных условиях работает только на 1/3 своих возможностей. В чрезвычайных ситуациях, связанных с гибелью человека, работоспособность может быть увеличена.

Введем понятие работоспособности. Это — способность человека выполнять заданную функцию с той или иной эффективностью. Нулевая работоспособность — это отсутствие возможности действовать, и, соответственно, отсутствие эффекта. Работоспособность, равная единице, напротив, соответствует максимальной эффективной деятельности в обычных условиях. Деятельность человека в чрезвычайной ситуации превышает нормальную работоспособность в несколько раз. Это обстоятельство обусловлено защитными функциями организма в критической ситуации, угрожающей жизни человека. Однако перегрузки работоспособности человека, вызванные чрезвычайными ситуациями, могут привести в дальнейшем к снижению психофизиологического потенциала на протяжении оставшегося отрезка жизнедеятельности или к гибели человека (рис. 2).

Психофизиологическое напряжение — затрачиваемые человеком психофизиологические усилия можно оценить с помощью показателей маркеров: пульс, артериальное давление, частота дыхания и др.

Работоспособность в обычных условиях человека зависит от степени его психофизиологического напряжения, характеризуется кривой O—A, а режим работоспособности в условиях чрезвычайных ситуаций кривой O—B.

Первый режим (O—A) — нормальный, при котором прирост психофизиологического напряжения ведет к увеличению работоспособности.

Второй режим (A—D) — стрессовый: прирост психофизиологического напряжения ведет к снижению работоспособности.

В чрезвычайной ситуации организм (его уникальнейшая биоэнергетическая конструкция) работает на



пределе своих психофизиологических возможностей. Заложенные природой защитные функции принимают меры, чтобы не допустить гибели человека. В стрессовых ситуациях запускаются резервные механизмы, давая дополнительный источник работоспособности.

Поскольку поведение человека в чрезвычайных ситуациях неоднозначно: у одних увеличивается активность деятельности, у других наступает апатия и снижение работоспособности, то необходимо каким-то образом разделить всех на группы. Для проведения исследований наиболее целесообразно в первую очередь выделить так называемые группы риска, к которым можно отнести группы людей с повышенной степенью травмоопасности.

Для определения таких категорий рабочего персонала был проведен анализ травматизма на горно-добывающих предприятиях за последние 10 лет. Определены три возрастные группы: от 18 до 30 лет, от 30 до 50 лет и от 50 до 60 лет (рис. 3).

*Группа 18–30 лет* — наблюдается увеличение производственного травматизма по сравнению со средним уровнем из-за недостаточной квалификации сотрудников, а также невладения приемами безопасной работы с машинами и механизмами, общей невнимательности и из-за недостаточных знаний технологического процесса предприятия.

*Группа 50–60 лет* — резкое увеличение производственного травматизма из-за естественного старения организма, возникновения хронических заболеваний, снижения внимания, резкого ухудшения состояния здоровья.

Исходя из практики поведения человека в чрезвычайных ситуациях, необходимо оценивать физическое и психическое состояние человека. Поскольку физическая деятельность будет обусловлена в большей степени безусловными рефлексам, отвечающими за сохранение жизни, а психическая определяться способностью к адаптации, концентрации, устойчивости внимания, а также способности принимать решения в сложных постоянно меняющихся условиях. Психофизиологический потенциал в обычных условиях определяется рядом показателей-маркеров: ВРИ — весово-размерный индекс; САД и ДАД — систолическое и диастолическое артериальное давление; ЧСС — частота сердечных сокращений; ПЗМР — простая зрительно-моторная реакция; проба Штанге; ЖЕЛ — жизненная емкость легких; проба Шульте и др.

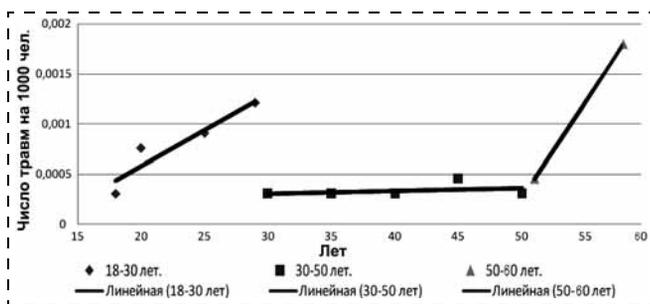


Рис. 3. Производственный травматизм трех возрастных групп

14	9	2	21	13
22	7	16	5	10
4	25	11	18	3
20	6	23	8	19
15	24	1	17	12

Рис. 4. Пример таблицы Шульте

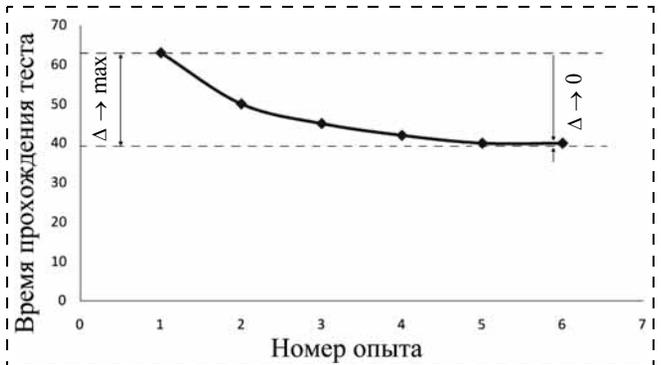


Рис. 5. Адаптация человека к введенному "стресс-фактору"

Для оценки психического состояния человека нами был выбран показатель, определяющий скорость реакции человека на раздражители и принятия единственно правильного решения — "Проба Шульте", которая предназначена для определения устойчивости внимания человека и динамики его работоспособности. Этот показатель используется для обследования лиц разных возрастов.

Испытуемому предлагается таблица, на которой в произвольном порядке расположены числа от 1 до 25. Испытуемый отыскивает, показывает и называет числа в порядке их возрастания. Проба повторяется с пятью разными таблицами. Результаты фиксируются секундомером. Основной показатель — время выполнения. По результатам выполнения каждого теста может быть построена "кривая утомляемости", отражающая устойчивость внимания и работоспособность в динамике. Пример таблицы показан на рис. 4.

К нормальным условиям проведения теста был введен так называемый "стресс-фактор". Как известно, в стрессовой ситуации организм работает на пределе своих возможностей, и как показывает практика, в различных ситуациях разные люди ведут себя по-разному. У одних концентрация внимания ведет к повышению работоспособности, у других же способность адекватно оценивать обстановку и принимать решения полностью пропадает. "Стресс-факторами" в данном случае могут являться различные отвлекающие моменты, такие как звуковые сигналы, световые раздражители, меняющие цветовую гамму и периодичность раздражения, и др.

По данной методике было обследовано 100 человек из числа студентов и преподавателей. В обычных условиях нормативное время прохождения составляет 40 с. В результате проведенных исследований были получены зависимости времени прохождения теста испытуемым от количества предложенных попыток (рис. 5).

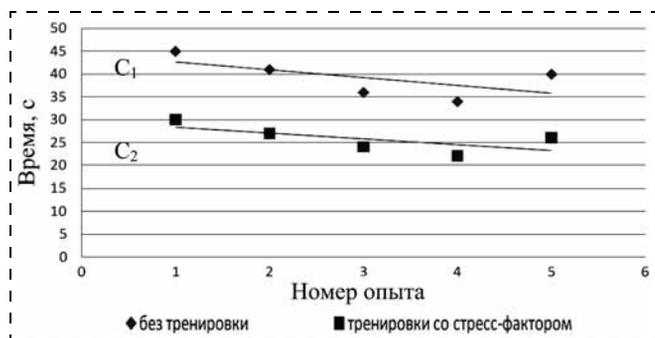


Рис. 6. Влияние тренированности человека на скорость прохождения пробы Шульте

Анализ результатов показывает, что адаптация человека к введенному "стресс-фактору" наступает через определенное количество попыток или повторений.

С введением "стресс-фактора" время прохождения теста значительно возрастает, затем наблюдается постепенное приближение результатов к норме (40 с). С другой стороны, постоянные тренировки увеличивают способность человека противостоять стрессовому фактору, что ведет к повышению работоспособности.

Величина  $\Delta$  показывает отклонение от результатов от нормы. Заметим, что с введением стресс-фактора величина  $\Delta$  меняется от 0 до max. Чем больше отклонение  $\Delta$ , тем меньше адекватность реакции организма и ниже вероятность принятия решения. Для подтверждения данного вывода сравним результаты прохождения обычного теста Шульте до и после тренировок с добавленным "стресс-фактором" (рис. 6).

Из графика следует, что тренировки по пробе Шульте с введением "стресс-фактора" значительно улучшают показания теста, проведенного в обычных (не стрессовых) условиях. Реальное приращение в скорости прохождения теста составляет 35 % от нормального результата. Таким образом, работоспособность организма после тренировок повышается на 1/3.

#### Список литературы

1. Шувалов Ю. В. Безопасность жизнедеятельности трудящихся горнодобывающих регионов Севера: Научно-производственное издание // СПб.: МАНЭБ, 2006. — 640 с.
2. Шувалов Ю. В., Бурлаков С. Д., Михайлова Н. В. Оценка влияния негативных факторов окружающей среды на здоровье работников горнодобывающих предприятий Севера // Материалы второй международной научной конференции "Неделя горняка". — М., 2003.

УДК 622.8:614.8

**С. В. Ковшов**, канд. техн. наук, асс. кафедры "Безопасность производств",  
**Е. Г. Булдакова**, канд. техн. наук, доц. кафедры "Высшая математика",  
**Р. С. Истомина**, асп. кафедры "Безопасность производств",  
 Национальный минерально-сырьевой университет "Горный", г. Санкт-Петербург  
 E-mail: kovshovsv@mail.ru

## Управление риском производственного травматизма на шахтах ОАО "СУЭК-Кузбасс" на основе комплексного статистического анализа факторов производственной среды

Обобщены и систематизированы данные об опасных факторах подземной добычи угля на шахтах ОАО "СУЭК-Кузбасс". Исследовано влияние на травматизм и аварийность горно-геологических, горно-технических, организационно-производственных факторов. Приведена методика оценки уровня риска производственного травматизма с учетом комплекса действующих факторов на основе применения комплексного статистического анализа.

**Ключевые слова:** несчастные случаи, травматизм, риск, статистические методы, шахта

**Kovshov S. V., Buldakova E. G., Istomin R. S. Injuries risk-management on "SUEK-KUZBASS" mines on the basis of the factorial complex statistical analysis**

In article generalization and ordering of the data about dangerous factors of underground coal mining on "SUEK-KUZBASS" mines is spent. Influence on a traumatism and breakdown susceptibility mountain-geological, mining, organizational-production factors is investigated. The injuries risk technique taking into account a factors complex on the basis of the complex statistical analysis is resulted.

**Keywords:** accidents, injuries, risk, statistical methods, mine



На угольных шахтах анализ травматизма проводится по всем несчастным случаям, принятым к учету. Исходной информацией для анализа являются сведения из актов расследований несчастных случаев по форме Н-1, материалы и документы внутрипроизводственного и статистического учета, материалы обследований состояния условий труда и его безопасности, характерные нарушения требований нормативных документов и другие материалы, отражающие состояние безопасности труда [1, с. 157—158].

Общий статистический анализ основных параметров травматизма в ОАО "СУЭК-Кузбасс" декларируется в ежегодных отчетах отдела производственной безопасности и охраны труда. Однако такой подход не всегда является эффективным, так как параметры и причины травматизма могут очень сильно изменяться по отдельным производственным единицам. Поэтому одной из задач исследования был анализ фактических параметров травматизма по отдельным угольным шахтам. Для этого были проанализированы более 300 актов по форме Н-1, а также архивные данные самих угольных шахт [7, с. 12].

Элементарный статистический анализ показывает, что значения основных показателей травматизма на шахтах ОАО "СУЭК-Кузбасс" (коэффициенты частоты и тяжести травматизма) существенно колеблются во времени: различия в значениях этих показателей за период с 1997 по 2010 гг. в пределах одной шахты достигают более 20 раз [6].

Однако приведенные выше показатели оценки уровня безопасности производства обладают существенными недостатками. Они не позволяют увидеть истинные причины и производственные параметры, от которых зависит травматизм; не отражают условий труда, применяемую технику и технологию работ; по природе своей пассивны, так как отражают и обобщают уже случившиеся факты травматизма. Поэтому они неприемлемы для оптимизации технологических параметров и для научного прогнозирования уровня безопасности производства.

При проведении корреляционного анализа зависимостей в небольшой по численности совокупности, образованной на основе выборки, могут возник-

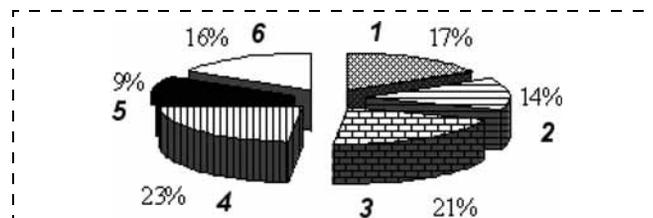


Рис. 1. Диаграмма количества несчастных случаев по местам травмирования [5, с. 19]:

1 — лава; 2 — участковая откаточная выработка; 3 — участковая вентиляционная выработка; 4 — магистральная транспортная выработка; 5 — магистральная вентиляционная выработка; 6 — сбойки, сопряжения, демонтажные камеры

нуть сомнения в том, что обнаруженная связь носит закономерный, а не случайный характер, несмотря на ее теоретическую обоснованность. В этих случаях проверить значимость корреляционной связи можно с помощью дисперсионного анализа [3, с. 33].

Результаты применения дисперсионного анализа травматизма в ОАО "СУЭК-Кузбасс" представлены в табл. 1.

Из табл. 1 следует, что практически не оказывает влияние на уровень травматизма фактор времени суток (0,66), у всех остальных факторов групповые средние значения различаются значимо, а следовательно, эти факторы оказывают влияние на уровень травматизма с указанной вероятностью. Максимальное воздействие травмирующих факторов приходится на время с начала смены, влияние оборудования и место травмирования. При этом на первый фактор повлиять невозможно. Поэтому рациональным является анализ влияния оборудования и мест травмирования.

Результаты топографического анализа производственного травматизма на угольных шахтах ОАО "СУЭК-Кузбасс" показывают, что наибольшее количество травм на местах (23 %) приходится на магистральную транспортную выработку (рис. 1).

Травмирование людей в магистральных транспортных выработках связано в основном с наличием в них оборудования, взаимодействие с которым приводит к несчастному случаю. Ленточные конвейеры, дизельное и электрическое доставочное оборудование являются источником большого числа травм, во многих случаях с тяжелым или смертельным исхо-

Таблица 1

Результаты однофакторного дисперсионного анализа

Фактор	Внутригрупповая дисперсия	Межгрупповая дисперсия	Отношение факторной дисперсии на одну степень свободы к случайной —F	Влияние фактора, %	Вероятность принятия гипотезы
Время суток	536,4	80,58	0,66	51,2	0,95
Время с начала смены	640,4	1255,6	11,76	66,2	0,95
Возраст	486	380,8	3,53	43,9	0,95
Стаж	427,2	354,58	3,79	45,3	0,95
Влияние оборудования	614,4	821,38	6,02	57,2	0,95
Место травмирования	475,6	260,57	2,63	55,2	0,95

дом. Вышеуказанные средства механизации внутришахтного транспорта также являются основным травмирующим фактором в участковых откаточных выработках (14 %). Поэтому можно сделать вывод, что на суммарную долю средств механизации внутришахтного транспорта приходится до 37 % возникающих несчастных случаев, сопровождаемых травматизмом.

Рассматривая вопрос о травматизме на угольных предприятиях, необходимо учитывать большое число факторов, некоторые из которых являются сопряженными, т. е. функционально зависимыми (или близки к функциональной зависимости) между собой (возраст и стаж работающего, мощность пласта и площадь поперечного сечения выработки и т. д.). Сокращение размерности модели за счет исключения некоторых факторов способствует простоте ее реализации и в то же время построение модели малой размерности приводит к тому, что такая модель будет недостаточно адекватна исследуемому явлению.

Наряду с дисперсионным анализом при исследованиях используется многофакторный корреляционно-регрессионный анализ, который позволяет оценить меру влияния на исследуемый результативный признак каждого из включенных в модель факторов при фиксированном положении остальных факторов, а также при любых возможных сочетаниях факторов с определенной степенью точности найти теоретическое значение этого показателя. При этом важным условием является отсутствие корреляционных связей между факторами. Только убедившись в отсутствии взаимосвязей, можно говорить об аддитивности влияния факторов, а значит, на основе сравнения главных эффектов какого-либо фактора можно определенно судить о том, какое из его значений наиболее предпочтительно [4, с. 134–137].

На основании полученных данных был осуществлен детальный корреляционно-регрессионный анализ уровня травматизма. Результаты примера этого анализа, выраженные в абсолютных величинах, приведены на рис. 2. Анализируя приведенный фактический материал, можно отметить, что наибольший уровень травматизма наблюдается у горнорабочих очистного забоя (ГРОЗ), у машиниста горно-выемочных машин (МГВМ), у подземных горнорабочих (ГРП), причем наибольшее количество травм приходится на конец рабочей смены. Значительно меньше уровень травматизма у подземных электриков (ЭП), инженерно-технических работников (ИТР), механиков по подземным работам (ГМП) и проходчиков (ГПП). Уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 0,80x_1 - 1,37x_2 + 8,90, \quad (1)$$

где  $y$  — относительный уровень травматизма, определяемый отношением фактического числа травм к прогнозируемому значению, устанавливаемому отделом промышленной безопасности и охраны труда ОАО

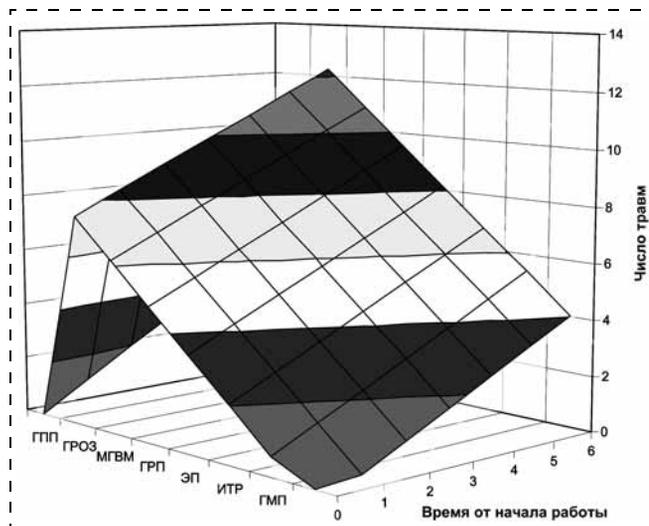


Рис. 2. Зависимость уровня травматизма от профессии и времени с начала работы

"СУЭК-Кузбасс";  $x_1$  и  $x_2$  — коэффициенты факторной корреляции для профессии и времени от начала работы соответственно.

Множественный коэффициент  $R = 0,8$ .

Аналогично были проанализированы параметры производственного травматизма в зависимости от рода профессии пострадавшего и его стажа работы. Отметим, что в этом случае высокий уровень травматизма наблюдается у подземных горнорабочих; у горнорабочих очистного забоя; у машинистов горно-выемочных машин. Наибольший уровень травматизма отмечен также в группах рабочих, имеющих стаж до 5 лет. Уравнение регрессии имеет вид:

$$y = 0,54x_1^2 - 5,78x_1 - 1,34x_2 + 23,61. \quad (2)$$

Здесь  $x_1$  и  $x_2$  — коэффициенты факторной регрессии, определенные профессией и стажем работы пострадавшего соответственно.

Множественный коэффициент  $R = 0,76$ .

Анализируя полученные результаты, можно отметить, что наибольший уровень травматизма наблюдается при падении предметов, падении рабочих при движении, при воздействии движущихся предметов и обрушении горной массы, причем наибольшее количество травм приходится на время с 10 до 14 часов. Уравнение регрессии имеет вид:

$$y = -0,22x_1^2 + 1,47x_1 - 1,80x_2 + 12,09, \quad (3)$$

где  $x_1$  и  $x_2$  — коэффициенты факторной корреляции, определяемые местом травмы и временем ее получения соответственно.

Множественный коэффициент  $R = 0,77$ .

Таким образом, применение методов корреляционного и регрессионного анализа дает возможность иметь исследователю более эффективный подход к статической обработке данных по травматизму.



Таблица 2

Основные параметры кластерного анализа шахт ОАО "СУЭК-Кузбасс"

Показатель	Группа шахт			
	1	2	3	4
Количество шахт в группе	6	4	1	1
Средняя оценка риска ( $Q_{cp}$ )	-1,25	-0,06	1,48	2,70
Среднеквадратическое отклонение оценки риска ( $\sigma Q$ )	0,168	0,102	0	0

Для характеристики степени опасности производственной среды на шахтах ОАО "СУЭК-Кузбасс" применялась методика, предложенная М.М. Воробьевым [2, с. 23—24]. На базе фактических данных о травматизме была рассчитана оценка уровня профессионального риска на каждой из исследуемых шахт.

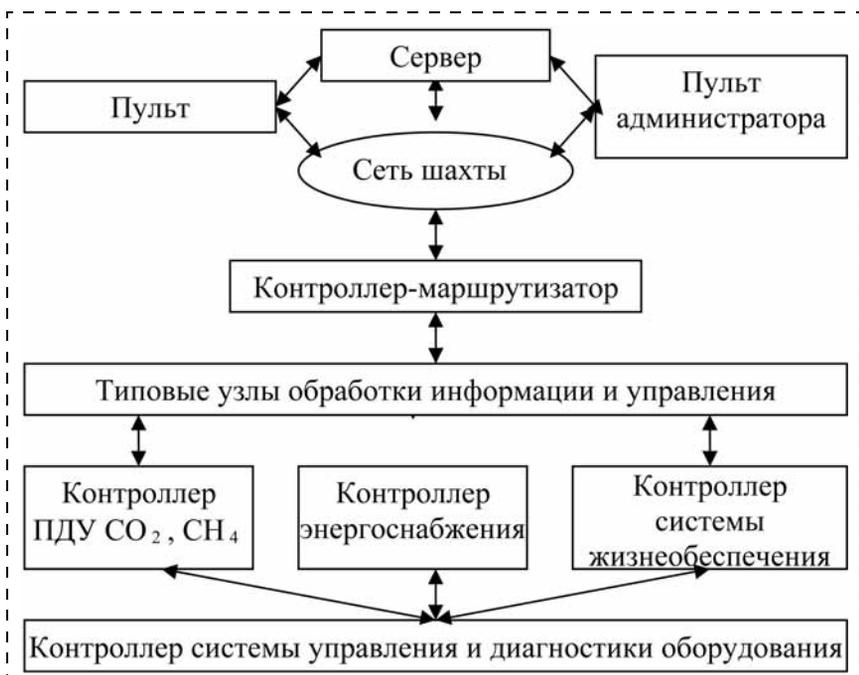
Анализ рассчитанных оценок показал, что по уровню опасности условий производства совокупность шахт ОАО "СУЭК-Кузбасс" может быть разбита, как минимум, на четыре группы. Группировка расчетных оценок опасности производственной среды на шахтах ( $Q$ ) с помощью кластерного анализа позволила определить состав групп предприятий с достаточно однородными производственными условиями. Средняя оценка риска возникновения травмы на конкретной шахте ( $Q_{cp}$ ) определяется разницей между уровнем травматизма на этой шахте и средним уровнем травматизма во всем объединении ОАО "СУЭК-Кузбасс". Среднеквадратическое отклонение оценки риска  $\sigma Q$ , или стандартное отклонение, представляет собой квадратный корень из дисперсии, определяемой по методике дисперсионного анализа. Результаты группировки шахт по уровню профессиональных рисков представлены на рис. 3 и в табл. 2. Более высокий порядковый номер на данном рисунке соответствует группам с более опасными условиями производства.



Из табл. 2 видно, что максимальное превышение уровня приемлемого производственного риска наблюдается на шахте "Талдинская-Западная 2". Отметим, что если бы для исследования были взяты данные 1999—2009 гг., то средняя оценка риска превышала бы 4,10, т. е. за последующие два года величина риска производственного травматизма сократилась на 34 %.

Рис. 3. Результаты кластерного анализа шахт ОАО "СУЭК-Кузбасс" по степени риска производственного травматизма

Во многом, полученный результат объясняется внедрением на указанной шахте методики учета производственного травматизма, предлагаемой в рамках исследования. Основу этой методики составляет направленное воздействие на основной травмирующий фактор — средства механизации внутришахтного транспорта.



Для этих целей была предложена схема мониторингового комплекса опасных производственных факторов на основе системы беспроводной информационной инфраструктуры. Схема управления безопасностью производства при помощи такой системы представлена на рис. 4.

Рис. 4. Схема управления безопасностью производства с помощью беспроводной информационной инфраструктуры [5, с. 20]

Еще одним важным компонентом управления безопасностью труда на угольных шахтах явилось внесение дополнений в нормативную документацию, составляемую отделом производственной безопасности и охраны труда ОАО "СУЭК-Кузбасс" и относящуюся к сфере риска производственно-

го травматизма. Основу этих дополнений составляет ранжирование приемлемого риска в зависимости от месторасположения производственного объекта (шахта, обогатительная фабрика, открытая добыча угля или административные подразделения), а также от элемента горной выработки, где тот или иной горнорабочий проводит большее количество времени (классификация мест травмирования представлена на рис. 1). Внедрение такого подхода также позволяет оптимизировать систему страховых выплат на предприятии в случае возникновения несчастных случаев.

Применение методики оценки риска производственного травматизма на основе многофакторного анализа позволяет утверждать, что она достаточно универсальна. Методику рекомендуется реализовывать на угольных шахтах с учетом конкретных организационных и технологических факторов, обуславливающих фактические и планируемые значения технико-экономических показателей и требования к безопасности производства.

#### Список литературы

1. Бульбашев А. П., Гаспарьян Н. А., Ковшов С. В., Никулин А. Н., Смирнов Ю. Д., Шувалов Ю. В. Рациональная организация добычи полезных ископаемых в карьерах со сложными условиями труда горнорабочих. — СПб: МАНЭБ. — 2009. — 464 с.
2. Воробьев М. М. Методика оценки и анализа уровня организации производства и труда на угольных шахтах. — М., ЦНИЭИуголь, 1980. — 41 с.
3. Гражданкин А. И., Лисанов М. В., Печеркин А. С. Использование вероятностных оценок при анализе безопасности опасных производственных объектов // Безопасность труда в промышленности. — 2001. — № 5. — С. 33.
4. Дубров А. М., Мхитрян В. С., Трошин Л. И. Многомерные статистические методы: Учеб. пособие. — М.: Финансы и статистика, 1998. — 352 с.
5. Коршунов Г. И., Истомин Р. С., Курта И. В., Логинов М. А. Травматизм на шахтах ОАО "СУЭК-Кузбасс" и его причины // Горный информационно-аналитический бюллетень, № 6, 2011. — С. 18—20.
6. Методика оценки и управления рисками в области охраны труда и промышленной безопасности на производственных единицах ОАО "СУЭК-Кузбасс", Ленинск-Кузнецкий, 2008. — 7 с.
7. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов (РД 03-418-01). — М.: НТЦ "Промышленная безопасность", 2001.

УДК 622.831.322

**С. В. Ковшов**, канд. техн. наук, асс. кафедры "Безопасность производств",  
**Д. П. Мирончук**, студент, Национальный минерально-сырьевой университет "Горный",  
г. Санкт-Петербург  
E-mail: kovshovsv@mail.ru

## Применение радоновой съемки в шахтах и рудниках

*Описывается радоновая съемка как метод прогнозирования горных ударов и способ контроля радиационной обстановки в шахтах и рудниках.*

**Ключевые слова:** радоновая съемка, горные удары

**Kovshov S. V., Mironchuk D. P. The application of radon survey in mines**

*The paper describes radon survey as a method of rock bursts prediction and a way to control the radiation situation in mines.*

**Keywords:** radon survey, rock bursts

В 40-х годах XX века горные работы в России проникли на глубину свыше 200 м, и с этого времени горняки сталкиваются с новой опасностью — горными ударами, т. е. внезапными быстротекущими разрушениями предельно напряженной части массива полезных ископаемых (породы), прилегающей к подземной горной выработке. Горные

удары обычно происходят при глубинах разработки именно свыше 200 м. На многих месторождениях, особенно рудных, возникновение горного удара вызывается наличием в массиве горных пород тектонических напряжений, превышающих по своей величине гравитационные (иногда в несколько раз). В горном ударе участвуют потенциальная энергия упругого сжатия пласта полезных ископаемых (пород) в очаге разрушения и энергия упругих деформаций окружающих пород. Динамический характер потери устойчивости при горном ударе вызывается превышением притока энергии над ее поглощением при разрушении. С достаточной точностью горные удары можно охарактеризовать как локальные техногенные проявления.

Горные удары по мере продвижения фронта горных работ вглубь становятся даже более серьезной опасностью, чем обводненность шахт и рудников или склонность пород к возгоранию. Так, только на Североуральском бокситовом руднике с 1970-х гг., когда горные работы опустились глубже 350 м, было зафиксировано более 400 значительных (с выделе-



нием энергии более 10 000 Дж) обрушений породы, из которых минимум 20 были особо мощными горно-тектоническими ударами.

Разработаны различные методы борьбы с горными ударами, включающие: снижение горного давления на пласт или рудное тело посредством специальной раскройке месторождения на шахтные поля и порядка их отработки, исключающих образование участков с большой концентрацией напряжений; опережающую отработку неопасных, так называемых защитных, соседних пластов, слоев, залежей; бесцеликовую технологию отработки, сокращение количества горных выработок впереди фронта очистных работ и прочие. Однако в настоящее время наиболее актуален вопрос прогноза горных ударов, способствующий своевременному переводу шахтопластов, рудных тел и пород в опасные по горным ударам, установлению степени удароопасности отдельных участков, приведению их в неопасное состояние.

С 1970-х гг. известно, что почвенный радон (Rn) является предвестником землетрясений, и его мониторинг может использоваться для их прогнозирования [1, с. 13–16]. При правильном же выборе модели среды радон стенок шахты может использоваться как индикатор напряженного состояния массива горных пород.

Горные породы в первом приближении можно описать моделью трещиновато-пористой среды, состоящей из основного массива и хаотически расположенных проникаемых трещин и закрытых пор. Выделяющийся из массива Rn находится в горной породе в трех состояниях: в пространстве закрытых пор, в трещинах и сорбированный свободной внутренней поверхностью всего массива.

В начальный момент нагрузке  $P_0$  (рис. 1) в породе соответствует концентрация Rn  $C_0$ . При сжатии ( $+P > P_0$ ) в первый момент выход Rn увеличивается за счет уменьшения трещин, после чего трещины перекрываются и выход Rn уменьшается. При дальнейшем увеличении нагрузки происходит разрушение массива, объединение поровых кластеров, что приводит к существенному увеличению выхода Rn. При растяжении массива ( $-P < P_0$ ) на начальном этапе происходит уменьшение выхода Rn за счет увеличения объема трещин. Дальнейшее растяжение приводит к расширению трещин и раскрытию пор. Соответственно происходит увеличение выхода радона [3, с. 165–169].

Регистрация концентрации Rn в стенках на шахтах Североуральского бокситового рудника глубиной 350...700 м проводилась в начале 1990-х гг. В результате экспериментов выяснилось, что на расстояниях до 150 м от будущего эпицентра наиболее сильного горного удара ( $E = 1300$  Дж) за 23 ч наблюдалось существенное снижение концентрации Rn, иногда, почти в 5 раз (с  $570$  Бк/м<sup>3</sup> до  $120$  Бк/м<sup>3</sup>). Удары меньшей энергии ( $E = 170...180$  Дж) и происхо-

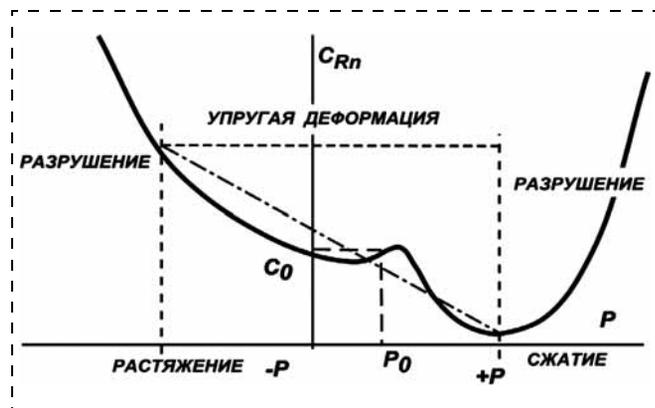


Рис. 1. Качественная характеристика изменения концентрации радона в горной породе при изменении внешней нагрузки [3, с. 166]

дящие на большем расстоянии от точки регистрации, задерживают восстановление концентрации Rn до фоновой. Согласно предложенной модели, это свидетельствует о сжатии массива вблизи эпицентра горного удара.

Как показали исследования, временные параметры предвестниковых аномалий также существенно зависят от механических свойств горных пород. В известняках уменьшение концентрации Rn начинается приблизительно за 1 ч до удара, а в бокситах или аргиллитах — более чем за 20 ч. В то же время на больших расстояниях (400...1000 м) от эпицентра горного удара происходило увеличение концентрации Rn почти в 9 раз (с  $120$  Бк/м<sup>3</sup> до  $1050$  Бк/м<sup>3</sup>).

Согласно рассмотренной выше модели среды, такие изменения концентрации Rn указывают, что регистрация осуществлялась в зоне растяжения. В графическом виде результаты описанных измерений приведены на рис. 2 и 3, что во многом формирует графическую модель, учитывающую механические свойства пород и позволяющую относительно точно определять время предсказываемого горного удара. На указанных рисунках стрелками отмечены горные удары, их энергия и расстояние от эпицентра до точки наблюдения.

Кроме зон растяжения и сжатия существует и третья нейтральная зона. Эти зоны определяют динамику Rn в зависимости от пространственного расположения детектора относительно очага готовящегося события — в зоне сжатия  $C_+ < C_0$ , в зоне растяжения  $C_- > C_0$  и в нейтральной зоне  $C_{\pm} \approx C_0$ , что и объясняет неоднозначность предвестниковых аномалий в динамике Rn перед горными ударами и землетрясениями.

Необходимо отметить, что методологически неверно проводить измерения концентрации радона в шахтной атмосфере, поскольку ее состав в значительной мере определяется проветриванием шахты, концентрации радона практически постоянны и не

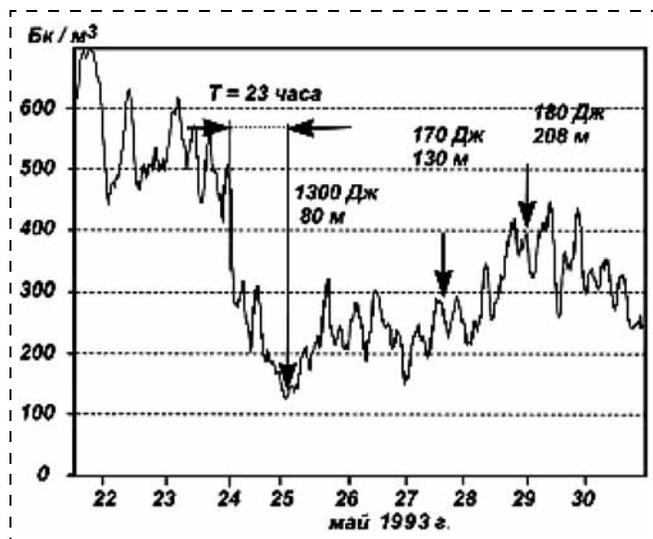


Рис. 2. Изменение концентрации радона перед горным ударом на малых расстояниях от будущего эпицентра на Североуральском бокситовом руднике [3, с. 167]

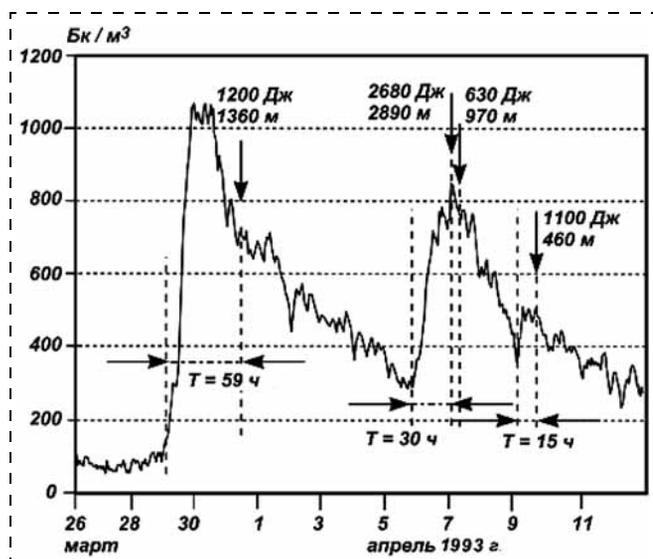


Рис. 3. Изменение концентрации радона перед горным ударом на больших расстояниях от будущего эпицентра на Североуральском бокситовом руднике [3, с. 168]

несут информации об изменении напряженного состояния массива горных пород. В то же время в наблюдательной скважине, пробуренной в районе рабочего забоя, где наиболее часты горные удары за известное время (от 1 до 20 ч) до удара наблюдается уменьшение мгновенных флуктуаций выделения радона, за которым следует заметное падение, сменяющееся непосредственно после удара ростом. Данное положение иллюстрирует рис. 4, где стрелкой отмечен горный удар, указана его энергия, для кривой 2 указан масштаб времени.

Измерения в наблюдательных скважинах можно производить различными типами газоанализаторов,

например, ИАР-01Э. Также возможно определять содержание радона в воде, поступающей в выработку, поскольку она также несет информацию о состоянии массива.

Как говорилось выше, в удаленных от места будущего горного удара областях шахты или рудника наблюдается заметное (до десятикратного) увеличение объемной активности радона. При этом известно, что основной вклад в дозу облучения подземного персонала вносят дочерние продукты радона и торона. Также вклад вносят долгоживущие радионуклиды ряда урана и тория, присутствующие в шахтной атмосфере в виде аэрозолей.

Другой компонент радиационного фона на угольных шахтах и разрезах —  $\gamma$ -излучение углей и вмещающих пород, обусловленное содержащимися в них радионуклидами естественных семейств урана и тория, а также радиоактивного изотопа калия-40.

Однако поскольку содержание урана-238 и тория-232 в углях и вмещающих породах в подавляющем большинстве случаев не выходит за пределы колебаний естественного фона,  $\gamma$ -излучение вопреки широко распространенному мнению не является сколько-нибудь существенным фактором воздействия на персонал и радиоактивное загрязнение в шахтах и рудниках. Таким образом, радиационная обстановка в шахте зависит главным образом от интенсивности проветривания и скорости выделения радона и торона в рудничную атмосферу.

Как видно из описанных выше результатов радионевой съемки, проведенной на Североуральском бокситовом руднике (см. рис. 3), в удаленных от места горного удара зонах рудника или шахты может отмечаться рост объемной активности радона вплоть до  $1050 \text{ Бк/м}^3$ . Даже без учета влияния активности торона такое увеличение соответствует росту потенциальной максимальной эффективной дозы на  $18,1 \text{ мЗв/год}$ . Учитывая имеющуюся фоновую активность радона, а также наличие других источников ионизирующего излучения, класс условий труда должен определяться как 3.3, что безусловно требует организации защитных мероприятий. Радиационная безопасность достигается проведением

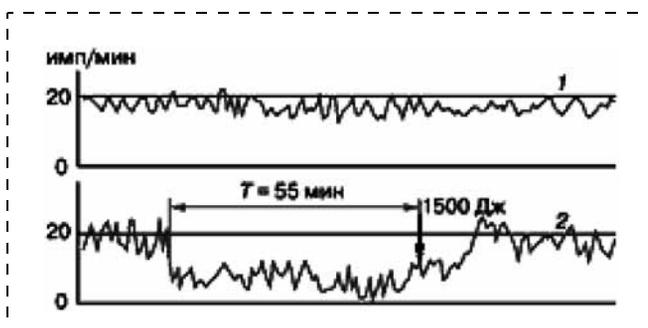


Рис. 4. Изменение концентрации радона во времени в шахтной атмосфере (кривая 1) и в наблюдательной скважине (кривая 2) [3, с. 169]



комплекса мероприятий, обеспечивающих выполнение санитарных правил работы с радиоактивными веществами и соблюдение норм безопасности труда.

Основное мероприятие, обеспечивающее радиационную безопасность, — вентиляция рабочих мест, рассчитываемая по времени накопления дочерних продуктов распада радона. К вспомогательным мероприятиям относятся ограничение выделения радона, достигаемое применением технологии разработки с твердеющей закладкой, очистка воздуха от примесей газа и пыли, использование СИЗ.

Для соблюдения норм радиационной безопасности необходим систематический дозиметрический контроль всех рабочих мест, а также учет времени пребывания людей на рабочих местах.

По этим данным медицинскими организациями ведется учет поглощенных индивидуальных доз. После накопления дозы более 5 бэр каждый работающий выводится из зоны радиоактивного воздействия. Учитывая приведенные выше данные о выделении радона в Североуральском бокситовом руднике, срок работы персонала даже на участках, удаленных от места горного удара и характеризующихся повышенным выделением радона, может достигать 2,5 лет [2, с. 56—67].

В заключение следует отметить, что проведение радоновой съемки в наблюдательных скважинах шахт и рудников позволяет при условии выбора достоверной модели природной среды, учитывающей механические (в частности, упругие) свойства горных пород, достаточно эффективно предсказывать проявления неблагоприятных геологических процессов — горные удары.

В методической литературе (РД 05-328—99 Инструкция по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих угольные пласты, склонные к горным ударам) приведены и другие способы прогнозирования горных ударов, а именно: 1) по сейсмоакустической активности; 2) по регистрации электромагнитной эмиссии; 3) посредством электроразондирования; 4) посредством измерений естественной влажности пород. Однако все эти методы предназначены для определения удароопасности как интегральной характеристики участка массива.

На этом фоне отчетливо видны достоинства и недостатки радоновой съемки.

К основным достоинствам метода радоновой съемки можно отнести:

— предсказание конкретных событий горных ударов;

— точное позиционирование предсказываемых горных ударов;

— применение модели, верно учитывающей механические свойства пород и позволяющей точно определять время предсказываемого горного удара.

Основные недостатки метода радоновой съемки:

— необходимость создания густой сети наблюдательных скважин и оснащения их газоанализаторами;

— необходимость частых (минимум один раз в час) замеров концентрации радона.

Для достоверных прогнозов необходимо располагать наблюдательные скважины на расстояниях не более 100 м друг от друга. При глубине скважин 5...10 м и оснащении их газоанализаторами, допускающими проведение измерений и накопление информации в автоматическом режиме, затраты на организацию радоновой съемки составляют 1000...1500 руб. на 1 м длины выработки.

Кроме того, следует отметить, что радоновая съемка целесообразна с организационной точки зрения в качестве количественного метода выделения опасных по ударам пластов и выработок. Наконец, радоновая съемка позволяет проследить изменение условий труда, следующее за определением природных условий.

#### Список литературы

1. Мавлянов Г. А., Уломов В. И., Каток А. П., Фаина Р. П. и др. Землетрясения Средней Азии и Казахстана в 1973 г. // Землетрясения в СССР в 1973 году. — М.: Наука, 1976. — С. 13—17.
2. Уломов В. И., Катренко В. Г., Квашин Е. В., Аронов А. Г., Артыков Т. У., Исмаили Х. М., Чермашенцев С. А., Якубов М. С. Автоматизация сбора и обработки сейсмологической информации: Монография. — Ташкент: ФАН, 1976. — 118 с.
3. Уткин В. И., Юрков А. К. Радон — надежный индикатор геодинамических процессов // Науки о Земле. — 2009. — № 13. — С. 165—169.

*Информация*

20—22 ноября 2012 г. в г. Челябинске

XIV специализированная выставка

## ОХРАНА И БЕЗОПАСНОСТЬ. ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА

Контакты: ВЦ "Мегаполис", Свердловский пр., 51А

<http://www.pvo74.ru>

Куратор проекта: Павлова Людмила

тел.: 8-952-2-1111-85

## Второй Международный форум по экологической безопасности и геронтологии (КНР. 26—29 июня 2012 г.)

В живописном гористом районе в окрестностях одного из крупнейших промышленных центров Китая г. Чэнду, расположенном в провинции Сычуань, 26—29 июня 2012 г. прошел Второй Международный форум по экологической безопасности и геронтологии. Первый форум был там же в период 15—18 ноября 2011 г.

Главными организаторами нынешнего форума были Международная организация сотрудничества по экологической безопасности (МОСЭБ), Центр экологической безопасности Китайского фонда исследований международных проблем, Всемирный эколого-культурный центр Даюань. Форум проводился при поддержке экономического центра Отдела международных связей ЦК Коммунистической партии Китая и Комитета Госдумы РФ по природным ресурсам, природопользованию и экологии. Исполнительными организаторами форума являлись: корпорация "Энвэй групп", журналы "Международная экология и безопасность" и "Международная инициатива и технология ООН".

В работе форума приняли участие более 200 человек, среди которых, кроме внушительной и представительной делегации хозяев, были делегация России во главе с президентом МАНЭБ О. Н. Русаком, делегация Непала во главе с экс-премьер-министром М. К. Непалом, делегация Камбоджи во главе с экс-вице-премьером К. Р. Расмэем, делегация Таиланда во главе с министром Налинэ Тавесин. На форуме присутствовали также зам. председателя Компартии Японии Ясуо Огата, посол Иракской республики в КНР Абдул-Карим Мустафа, советник посольства Коста-Рики в КНР Анна Виллалобос, генконсул Эфиопии Гирма Темесген.

Президент корпорации "Энвэй групп", специализирующейся на фармацевтике, Сю Ёнсин, предоставил участникам форума комфортабельный гостинично-санаторный комплекс и обеспечил все условия для плодотворной работы.

Кроме известных воззрений на остроту проблем устойчивого развития и путей их решения, на данном форуме превалировал китайский философский подход к проблемам экологии, развивающий идеи гармонии человека и природы.

Среди многочисленных приветствий было зачитано приветственное слово от известного общественного деятеля и полярного исследователя А. Н. Чилингарова.

В приветственных речах прозвучало много тревоги о будущем природы и человечества. Экс-премьер-министр Непала, генсек Компартии Непала М. К. Непал отметил, что жадность людей приучила их безжалостно использовать мать-природу, человек стал рабом денег и машин, а наиболее уязвимыми оказались пожилые и старики, о которых, к сожалению, не везде и не всегда заботятся. Экс-вице-премьер Камбоджи К. Р. Расмэй в своей речи указал, что в его стране уделяется большое внимание проблеме загрязнения воздуха, приняты законы о воздушной среде, утилизации бытовых отходов, защите от шума и др. Директор Центра экономических связей международного департамента ЦК КПК Ли Донсяо подчеркнул, что по прогнозам ученых к 2100 г. на Земле будет насчитываться 10 млрд человек, из них 1 млрд — люди старше 65 лет. Это создаст комплекс проблем, связанных и с нагрузкой на природу, и с обеспечением достойной жизни пожилым. Представитель Эфиопии Гирма Темесген сожалела, что в стране вырублено много лесов, идет опустынивание территории. Чен Люсинь, президент Тайваньской ассоциации даосизма, отметил, что экобезопасность — важная гарантия человеческого развития, а здоровье — самое ценное богатство, надо жить в гармонии с природой.

С тематическим докладом выступил ген. директор МОСЭБ Цзян Минцзюнь, призывавший к развитию естественно-гуманистических идей философии "Гармония человека и природы" в обеспечении экологической безопасности. Президент МАНЭБ О. Н. Русак в своем докладе отметил, что наша цивилизация — потребительская, общество потеряло грань между нужным и лишним. Он отметил несправедливость в использовании природных ресурсов со стороны ряда стран, например США, где проживает 5 % населения Земли, но производится 25 % всех промышленных и бытовых отходов. Он напомнил об идеях В. И. Вернадского, предсказывавшего, что движение человечества к устойчивому развитию в конечном счете приведет к формированию ноосферы, когда мериллом национального и индивидуального богатства станут духовные ценности и знания Человека, живущего в гармонии с окружающей средой. И еще О. Н. Русак напомнил, что провозглашенный Римским клубом принцип "Мыслить глобально, дей-



ствовать локально" реализуется в основном при проведении локальных мероприятий и при этом забывают глобальную экологическую ситуацию.

Выступавшие в основном говорили о философском подходе к понятию "экологическая безопасность", хотя и были отдельные доклады о практическом применении экологических принципов. В частности, Чжен Сянфу, известный архитектор-строитель и политический деятель Китая, в своем докладе привел примеры неэкологичности ряда сооружений и изложил свои взгляды на экологические проблемы строительства. Сю Ёнсин, владелец концерна "Энвэй групп", указал, что в огромном Китае трудно найти лекарственные травы, в которых не было бы тяжелых металлов.

Много внимания участники форума уделили вопросам долголетия, теме второго дня пленарного заседания, которое вел Г. С. Шлапунов, член экспертной группы Госдумы РФ по природным ресурсам, природопользованию и экологии.

Президент-ректор Международного университета по бизнес-технологиям Г. А. Угодчиков доложил об эффективных технологиях, разработанных в университете, которые способствуют улучшению здоровья и продлению жизни.

Вице-президент МАНЭБ К. Р. Малаян в своем докладе "Профилактика преждевременного старения — путь к активному долголетию", указав на ос-

новные факторы, влияющие на продолжительность жизни: генетику — 20 %, уровень медицины — 10 %, экологию — 20 %, образ жизни и социально-экономические условия — 50 %, отметил, в частности, важность психического состояния людей, влияние отрицательных эмоций на процесс старения, рассказал о Российском проекте активного долголетия, включающего прежде всего мероприятия: по мотивации к здоровому образу жизни; диагностике, профилактике и оздоровлению; физической культуре; здоровому питанию; социально-культурной активности. Выполнение поставленных задач позволит улучшить демографическую ситуацию в стране, увеличить число людей пожилого возраста, живущих полноценной жизнью.

Много было выступлений представителей Китая, излагавших свои представления об экологической безопасности и средствах продления жизни.

Многие предложения выступавших были включены в Декларацию форума, провозгласившую распространение в мире "экологической мудрости и культуры".

**К. Р. Малаян,**  
канд. техн. наук, проф.,  
Санкт-Петербургский государственный  
политехнический университет,  
вице-президент МАНЭБ

## 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(55), e-mail: rusak-maneb@mail.ru**

Дизайнер *Т. Н. Погорелова.*

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

Сдано в набор 13.08.12. Подписано в печать 18.09.12. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ1012.

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

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Оригинал-макет ООО "Авансед солюшнз".

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