



# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

9(165)  
2014

**Редакционный совет:**

БАЛЫХИН Г. А., д.э.н.  
ГРАЧЕВ В. А., чл.-корр. РАН,  
д.т.н., проф.  
ГРИГОРЬЕВ С. Н., д.т.н., проф.  
ДУРНЕВ Р. А., д.т.н., доц.  
ЗАЛИХАНОВ М. Ч., акад. РАН,  
д.т.н., проф. (председатель)  
КЛИМКИН В. И., к.т.н.  
КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.н.,  
проф.  
РОДИН В. Е., д.т.н., проф.  
СОКОЛОВ Э. М., д.т.н., проф.  
ТЕТЕРИН И. М., д.т.н.  
УШАКОВ И. Б., акад. РАН,  
д.м.н., проф.  
ФЕДОРОВ М. П., акад. РАН,  
д.т.н., проф.  
ЧЕРЕШНЕВ В. А., акад. РАН, д.т.н.  
АНТОНОВ Б. И.  
(директор издательства)

**Главный редактор**  
РУСАК О. Н., д.т.н., проф.

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

**Ответственный секретарь**  
ПРОНИН И. С., д.ф.-м.н., проф.

**Редакционная коллегия:**  
БЕЛИНСКИЙ С. О., к.т.н., доц.  
ВАСИЛЬЕВ А. В., д.т.н., проф.  
ИВАНОВ Н. И., д.т.н., проф.  
КАЛЕДИНА Н. О., д.т.н., проф.  
КАЧУРИН Н. М., д.т.н., проф.  
КЛЕЙМЕНОВ А. В., д.т.н.  
КОСОРУКОВ О. А., д.т.н., проф.  
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н., д.т.н.,  
проф.  
КСЕНОФОНТОВ Б. С., д.т.н.,  
проф.  
КУКУШКИН Ю. А., д.т.н., проф.  
ЛУЦЦИ С., проф. (Италия)  
МАЛАЯН К. Р., к.т.н., проф.  
МАРТЫНЮК В. Ф., д.т.н., проф.  
МАТЮШИН А. В., д.т.н.  
МИНЬКО В. М., д.т.н., проф.  
МИРМОВИЧ Э. Г., к.ф.-м.н., доц.  
ПЕТРОВ С. В., к.ю.н., с.н.с.  
СИМАНКИН А. Ф., к.т.н., доц.  
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.  
ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.  
ФРИДЛАНД С. В., д.т.н., проф.  
ЦЯН МИНЦЗЮНЬ, проф.  
(Китай)  
ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Артемюков А. А. Физиологическая оценка адаптации студентов к условиям учебного труда . . . . . 3

### ОТРАСЛЕВАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Дурнев Р. А., Колеганов С. В. Комплексная оценка уровня транспортной безопасности: постановка задачи и замысел решения . . . . . 9  
Швецова-Шиловская Т. Н., Полежаева О. В., Глухан Е. Н., Афанасьева А. А., Корольков М. В., Орлов А. Ю., Потапкин В. А. Методические подходы к ранжированию опасных химических объектов для определения перечня приоритетных мер по снижению химической опасности . . . . . 14  
Финоченко В. А., Финоченко Т. А. Технологии экологического мониторинга на Российских железных дорогах . . . . . 20

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Алексеев Е. В., Пукемо М. М. Экологические аспекты жизнедеятельности — основа технического прогресса в очистке сточных вод автономных систем канализации . . . . . 25  
Зиновьев А. П., Зиновьев С. А., Рыжов Г. И., Рыжов И. Г. Очистка вредных газовых выбросов, паров и сажи в нефтехимических производствах . . . . . 32  
Лугаськова Н. В., Сафронова Е. Б. Биологические методы оценки токсичности среды в результате воздействия объектов железнодорожного транспорта . . . . . 39  
Гаврикова Е. И., Лактионов К. С. Применение биофильтров для очистки воздуха на предприятиях агропромышленного комплекса . . . . . 43  
Кирсанов В. В. Влияние объема регенерации на эффективность биологической очистки химически загрязненных вод в аэротенках . . . . . 46

### ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Гришагин В. М., Пеньков А. И., Шарафиев Р. Р. Обеспечение безопасности в образовательных учреждениях в случае возникновения чрезвычайной ситуации . . . . . 48

### ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Суркаев А. Л., Каблов В. Ф., Благинин С. И., Генералов С. А., Кабаков А. П., Кобышев А. Б. Применение малого авиационного транспорта и современных огнезащитных материалов для создания противопожарных полос . . . . . 54  
Рубцов Д. Н., Рубцов В. В., Клубань В. С., Молчанов С. В., Рубцов Н. Н. Особенности пожарной опасности нефтяных резервуаров с плавающей крышей . . . . . 56

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

Ежов В. С. Утилизация органических компонентов городских и промышленных отходов . . . . . 62

### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Касаткина Е. А., Шумилов О. И., Новикова Т. Б., Храмов А. В. Воздействие гелиогеофизических, социально-экономических и антропогенных факторов на динамику суицидов на Кольском Севере . . . . . 66

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.



# LIFE SAFETY

## BEZOPASNOST' ZHIZNEDEATEL'NOSTI

The journal published since  
January 2001

### Editorial board

BALYKHIN G. A., Dr. Sci. (Econ.)  
GRACHEV V. A., Cor.-Mem. RAS,  
Dr. Sci. (Tech.)  
GRIGORYEV S. N., Dr. Sci. (Tech.)  
DURNEV R.A., Dr. Sci. (Tech.)  
ZALIKHANOV M. Ch.,  
Acad. RAS, Dr. Sci. (Tech.)  
KLIMKIN V. I., Cand. Sci. (Tech.)  
KOTELNIKOV V. S., Dr. Sci. (Tech.)  
RODIN V. E., Dr. Sci. (Tech.)  
SOKOLOV E. M., Dr. Sci. (Tech.)  
TETERIN I. M., Dr. Sci. (Tech.)  
USHAKOV I. B., Acad. RAS,  
Dr. Sci. (Med.)  
FEDOROV M. P., Acad. RAS,  
Dr. Sci. (Tech.)  
CHERESHNEV V. A., Acad. RAS,  
Dr. Sci. (Tech.)  
ANTONOV B. I.

### Editor-in-chief

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

### Deputy editor-in-chief

POCHTAREVA A. V.

### Responsible secretary

PRONIN I. S.,  
Dr. Sci. (Phys.-Math.)

### Editorial staff

BELINSKIY S. O.,  
Cand. Sci. (Tech.)  
VASILYEV A. V., Dr. Sci. (Tech.)  
IVANOV N. I., Dr. Sci. (Tech.)  
KALEDINA N. O., Dr. Sci. (Tech.)  
KACHURIN N. M., Dr. Sci. (Tech.)  
KLEYMENOV A. V., Dr. Sci. (Tech.)  
KOSORUKOV O. A., Dr. Sci. (Tech.)  
KRASNOGORSKAYA N. N.,  
Dr. Sci. (Tech.)  
KSENOFONTOV B. S.,  
Dr. Sci. (Tech.)  
KUKUSHKIN Yu. A.,  
Dr. Sci. (Tech.)  
LUZZI S. (Italy), prof.  
MALAYAN K. R., Cand. Sci. (Tech.)  
MARTYNYUK V. Ph.,  
Dr. Sci. (Tech.)  
MATYUSHIN A. V., Dr. Sci. (Tech.)  
MINKO V. M., Dr. Sci. (Tech.)  
MIRMOVICH E. G.,  
Cand. Sci. (Phis.-Math.)  
PETROV S. V., Cand. Sci. (Yurid.)  
SIMANKIN A. F., Cand. Sci. (Tech.)  
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)  
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)  
FRIDLAND S. V., Dr. Sci. (Tech.)  
JIANG MINGJUN (China), prof.  
SHVARTSBERG L. E.,  
Dr. Sci. (Tech.)

## CONTENTS

9(165)  
2014

### LABOUR PROTECTION AND POPULATION HEALTH

**Artemenkov A. A.** Physiological Evaluation of Students' Adaptation to the Education . . . . . 3

### BRANCH SAFETY

**Durnev R. A., Koleganov S. V.** The Integrated Transport Safety Level Assessment: Problem Definition and Decision Plan . . . . . 9

**Shvetzova-Shilovskaya T. N., Polekhina O. V., Glukhan E. N., Afanasyeva A. A., Korolkov M. V., Orlov A. U., Potapkin V. A.** Methodology for Ranking of the Dangerous Chemical Objects in Order to Determine Priority Measures for Reducing in Chemical Hazard . . . . . 14

**Finochenko V. A., Finochenko T. A.** Technologies of Ecological Monitoring on Russian Railways . . . . . 20

### ECOLOGICAL SAFETY

**Alekseev E. V., Pukemo M. M.** Environmental Aspects of Life — Basis of Technical Progress in Wastewater Treatment in Autonomous Sewer Systems . . . . . 25

**Zinoviev A. P., Zinoviev S. A., Rizhov G. I., Rizhov I. G.** Clearing of Harmful Gas Emissions of Vapors and Soot in Petrochemical Productions . . . . . 32

**Lugaskova N. V., Safronova E. B.** Biological Methods of Evaluation the Toxicity of the Environment as a Result of the Impact of Railway Transport . . . . . 39

**Gavrikova E. I., Laktionov K. S.** Application of Biofilters for Air Cleaning at the Works of Agro Industrial Complex . . . . . 43

**Kirsanov V. V.** The Impact of the Size of Regeneration on the Efficiency of Biological Treatment Chemical Pollution Water in the Aeration Tanks. . . . . 46

### SITUATION OF EMERGENCY

**Grishagin V. M., Penkov A. I., Sharafiev R. R.** Security in Educational Institutions in Case of an Emergency. . . . . 48

### FIRE SAFETY

**Surkaev A. L., Kablov V. F., Blaginin S. I., Generalov S. A., Kabakov A. P., Kobzyev A. B.** Using of Small Aircraft Transport and Modern Fireproofing Materials to Create Firebreaks . . . . . 54

**Rubtsov D. N., Rubtsov V. V., Cluban' V. S., Molchanov S. V., Rubtsov N. N.** Peculiarities of Fire Dangers of Tanks with Floating Roof . . . . . 56

### USE AND RECYCLING OF WASTE

**Yezhov V. S.** Utilization of the Organic Components of City and Industrial Wastes . . . . . 62

### REGIONAL PROBLEMS OF SAFETY

**Kasatkina E. A., Shumilov O. I., Novikova T. B., Chramov A. V.** Influence of Heliogeophysical, Socioeconomic and Man-Made Factors on the Dynamics of in the Kola North . . . . . 66

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

УДК 612.89 + 612.766.1

**А. А. Артеменков**, канд. биол. наук, доц., Череповецкий государственный университет, e-mail: basis@live.ru

## Физиологическая оценка адаптации студентов к условиям учебного труда

*Освещены вопросы вегетативного статуса и функциональных резервов студентов при адаптации к условиям обучения и проживания. Показана зависимость вегетативной регуляции ритма сердца студентов от социально-бытовых условий проживания. Дана оценка функциональных резервов студентов, основными критериями которых являются коэффициент выносливости, индекс сердечно-сосудистой регуляции и индекс Скибинской. Выявлена группа риска по заболеваниям системы кровообращения и уровням адаптации. Установлены взаимосвязи между вегетативной устойчивостью и ситуативной тревожностью, коэффициентом выносливости и кардиогемодинамическими показателями. Выяснено, что вегетативный контроль кардиореспираторных функций обеспечивает соматовисцеральное взаимодействие в условиях нормы и при адаптации к учебной деятельности.*

**Ключевые слова:** студенты, условия обучения и проживания, вегетативная регуляция, функциональные резервы, адаптационные возможности

### Введение

Процесс обучения является важным фактором жизнедеятельности студенческой молодежи, вызывающим адаптационные перестройки регуляторно-компенсаторных механизмов организма учащихся [1]. Накопленные к настоящему времени данные свидетельствуют о том, что несформированная адаптация к умственной деятельности представляет собой открытую систему и носит сложный и противоречивый характер. Структурно-функциональные изменения в организме обучающихся продолжаются до 2 курса, а восстановление психофизиологических процессов завершается только к 4–5 курсу [2, 3].

Имеющиеся в литературе сведения показывают, что условия проживания студентов значительно влияют на эффективность приспособления к обучению в вузе. Главенствующую роль в период адаптации к изменяющимся условиям учебно-трудовой деятельности играют жилищные проблемы, от которых зависит степень адаптированности студентов к новым нагрузкам. В выигрышном положении оказываются студенты, проживающие в городе, в привычной домашней обстановке, где не нужно привыкать к новым бытовым условиям. Напротив, более сложной и продолжительной оказывается адаптация у иногородних первокурсников, проживающих в общежитии [4].

Анализ вегетативного статуса студентов показывает, что в предсессионный период и во время экзаменов вегетативное равновесие смещается в сторону преобладания симпатических (активирую-

щих) влияний на сердце. Студенты-симпатикотоники с централизацией механизмов вегетативной регуляции сердечного ритма находятся на грани истощения функциональных резервов и характеризуются неблагоприятным течением у них процесса адаптации к условиям учебного труда [5, 6].

Некоторые авторы отмечают ухудшение адаптационных и функциональных возможностей студентов в процессе обучения. Эти изменения связаны со сбоями в вегетативном и эндокринном звеньях регуляции [7, 8]. По данным работы [9], адаптационная реакция "стресс" наблюдается у 42,3 % студентов 2 курса, а реакция "тренировки" — у 43,3 %. У 6,7 % студентов обнаружена пороговая степень стрессовой нагрузки.

С учетом вышесказанного целью настоящей работы стала оценка адаптивного приспособления студентов к условиям учебного труда.

### Методика исследования

В данном исследовании приняли участие 240 студентов Череповецкого государственного университета в возрасте 18–22 лет: 120 студентов 1 курса (60 юношей и 60 девушек) и 120 студентов 4 курса (60 юношей и 60 девушек). Студенты 1 курса были разделены на сопоставимые группы по возрастнополовому признаку и по условиям проживания: юноши, проживающие в семье родителей ( $n = 30$ ) и в общежитии ( $n = 30$ ); девушки, проживающие дома ( $n = 30$ ) и в общежитии ( $n = 30$ ). Юноши и девушки 4 курса были объединены в группы аналогично.



Оценка вегетативного статуса проводилась по вариабельности сердечного ритма. Исследования вегетативного статуса проводились на программно-аппаратном комплексе "Варикард ВК-1". У студентов оценивались основные составляющие вариабельности сердечного ритма в положении лежа. В качестве информативных показателей использовались значения моды ( $M_o$ ), амплитуды моды ( $AM_o$ ), вариационного размаха ( $\Delta X$ ) и индекса напряжения регуляторных систем ( $ИН$ ). По общепринятым в физиологической практике формулам рассчитывались: коэффициент выносливости ( $КВ$ ), характеризующий деятельность системы кровообращения; индекс сердечно-сосудистой регуляции ( $ИССР$ ), отражающий тип саморегуляции сердечно-сосудистой системы; индекс Робинсона ( $ИР$ ), показывающий наличие риска заболеваний системы кровообращения; индекс Скибинской ( $ИС$ ) о функциональных резервах системы кровообращения и дыхания и кардиогемодинамические показатели. Вегетативную устойчивость ( $ВУ$ ) и ситуативную тревожность ( $СТ$ ) определяли методом психологического тестирования.

Функциональное состояние и адаптационные резервы определяли путем расчета адаптационного потенциала ( $АП$ ):

$$АП = (0,011 \cdot ЧСС + 0,014 \cdot АДс + 0,008 \cdot АДд + 0,014 \cdot \text{Возраст} + 0,009 \cdot \text{Масса тела} - 0,009 \cdot \text{Рост}) - 0,27,$$

где  $ЧСС$  — частота сердечных сокращений;  $АДс$  — артериальное давление систолическое;  $АДд$  — артериальное давление диастолическое.

Критерии оценки  $АП$  имели следующие значения: удовлетворительная адаптация 2,1 балла и менее; напряжение механизмов адаптации — 2,11...3,20 балла;

неудовлетворительная адаптация — 3,21...4,30 балла; срыв адаптации — 4,30 балла и более.

Достоверность наблюдаемых различий проверялась с помощью параметрического  $t$ -критерия Стьюдента для парных наблюдений при 95 %-ном уровне значимости. Различия между выборками считались достоверными при коэффициенте значимости  $p < 0,05$ . С целью изучения связи между переменными использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена ( $r$ ). Для сопоставления двух рядов выборочных значений по частоте встречаемости признака применялся критерий Фишера ( $\phi$ ).

### Результаты исследования

В рамках проведенного исследования выявлены особенности вегетативной регуляции функций по показателю сердечного ритма у студентов в процессе учебной деятельности (табл. 1).

Исследование выявило, что у юношей 1 и 4 курсов, проживающих с родителями, преобладают вагусные (тормозящие) влияния на сердце и происходит ослабление симпатических эффектов, индекс напряжения регуляторных систем находится в пределах нормы, достаточно активен гуморальный канал регуляции. Напротив, у юношей, проживающих в общежитии, отмечается уменьшение активности гуморального звена, умеренное повышение симпатических влияний на сердце, прослеживается тенденция к росту степени напряжения регуляторных систем организма. Эти сведения подтверждают разнонаправленный характер вегетативной регуляции ритма сердца у юношей с разной организацией учебного процесса.

Полученные результаты указывают на увеличение количества девушек 1 курса, проживающих в общежитии, с преобладанием активности симпати-

Таблица 1

Значения вегетативных показателей у студентов разных курсов обучения и мест проживания

Показатели	1 курс		4 курс	
	Место проживания			
	с родителями ( $n = 30$ )	в общежитии ( $n = 30$ )	с родителями ( $n = 30$ )	в общежитии ( $n = 30$ )
У юношей:				
$M_o$ , с	$0,94 \pm 0,03$	$0,71 \pm 0,02^{**}$	$0,69 \pm 0,03$	$0,76 \pm 0,05$
$AM_o$ , %	$35,20 \pm 4,40$	$50,0 \pm 3,60^*$	$51,4 \pm 3,07$	$61,5 \pm 4,68$
$\Delta X$ , с	$0,48 \pm 0,08$	$0,32 \pm 0,04$	$0,55 \pm 0,05$	$0,40 \pm 0,04^*$
$ИН$ , усл. ед.	$67,00 \pm 11,81$	$137,6 \pm 22,82$	$78,3 \pm 5,68$	$99,4 \pm 7,85^*$
У девушек:				
$M_o$ , с	$0,81 \pm 0,03$	$0,79 \pm 0,05$	$0,61 \pm 0,06$	$0,61 \pm 0,02$
$AM_o$ , %	$53,30 \pm 6,50$	$50,31 \pm 5,60$	$39,3 \pm 1,73$	$42,1 \pm 0,79$
$\Delta X$ , с	$0,44 \pm 0,06$	$0,50 \pm 0,09$	$0,22 \pm 0,04$	$0,23 \pm 0,03$
$ИН$ , усл. ед.	$120,2 \pm 34,80$	$284,1 \pm 68,7^*$	$217,5 \pm 57,31$	$385,8 \pm 91,9$

Примечание.  $*p < 0,05$ ;  $**p < 0,001$  в сравнении со значениями аналогичного показателя у студентов, проживающих дома с родителями

ческой части вегетативной нервной системы и низким уровнем вегетативной устойчивости. У студентов 4 курса ИН находится в пределах выше допустимых значений при достаточно стабильных показателях сердечного ритма. Следовательно, поддержание нормальных значений вегетативного гомеостаза у девушек происходит за счет активизации нервной системы.

Изучение зависимости вегетативной устойчивости от уровня ситуативной тревожности (СТ) студентов показало, что вегетативные функции взаимно сопряжены с психологическим состоянием. Установлено, что у юношей, проживающих с родителями, выборочный линейный коэффициент корреляции  $r_{xy} = 0,0605$ . Следовательно, связь между ВУ и СТ, оцененная по шкале Чеддока ( $0,1 < r_{xy} < 0,3$ ), слабая и прямая. Напротив, проживание юношей в общежитии сопровождается увеличением тесноты корреляционной связи между изучаемыми показателями, т. е. связь между вегетативной устойчивостью и ситуативной тревожностью заметная и прямая  $r_{xy} = 0,52$  ( $0,5 < r_{xy} < 0,7$ ).

У девушек, проживающих с родителями, выборочный линейный коэффициент корреляции  $r_{xy} = 0,32$  ( $0,3 < r_{xy} < 0,5$ ), т. е. связь между ВУ и СТ умеренная и прямая. Длительное проживание девушек в общежитии приводит к ослаблению связи между изучаемыми показателями ( $r_{xy} = 0,21$ ). Следовательно, связь между ВУ и СТ, оцененная по шкале Чеддока, слабая и прямая.

Далее были проанализированы показатели, обеспечивающие функциональные резервы студентов (табл. 2).

Следует отметить, что значение КВ у юношей 1 курса находится около нижней границы нормы, и нельзя точно оценить, имеется ли у данных испытуемых ослабление сердечной деятельности или

ее усиление. Однако совершенно точно можно утверждать о преобладании сосудистого типа регуляции кровообращения у юношей-первокурсников, поскольку среднее значение ИССР составляет более 110 %. Индекс Робинсона у юношей 1 курса, проживающих с родителями, ниже, чем у юношей 1 курса, проживающих в общежитии.

У юношей 4 курса, проживающих с родителями, КВ немного выше, чем у юношей 4 курса, проживающих в общежитии. Можно полагать, что домашние условия способствуют ослаблению деятельности сердечно-сосудистой системы и уменьшению ее резервных возможностей. Вероятнее всего, это связано с ограничением двигательной активности (со снижением активной работы по обеспечению жизнедеятельности) студентов, проживающих с родителями.

Средние показатели ИССР у юношей 4 курса свидетельствуют о сбалансированном типе (сердечно-сосудистом) регуляции кровообращения и достаточных функциональных возможностях этой системы. Но адаптационное состояние достигается у юношей, проживающих в общежитии, при большем напряжении регуляторных систем, чем у юношей, проживающих дома. В целом состояние резервных возможностей кардиореспираторной системы юношей 4 курса можно считать удовлетворительным.

У девушек 1 курса, проживающих с родителями и в общежитии, отмечаются более существенные различия в показателях, характеризующих функциональные резервы организма (см. табл. 2). Установлены достоверные различия в показателе ИССР. Значения данного показателя у девушек 1 курса, проживающих с родителями, составляют  $(91,0 \pm 3,13) \%$ , а у девушек, проживающих в общежитии, —  $(76,5 \pm 3,60) \%$  ( $p < 0,01$ ). Значения этого показателя, меньшие 90 %, указывают на преобладание сердечного типа регуляции кардио-

Таблица 2

Значения показателей, характеризующих функциональные резервы студентов разных курсов обучения и мест проживания

Показатели	1 курс		4 курс	
	Место проживания			
	с родителями ( $n = 30$ )	в общежитии ( $n = 30$ )	с родителями ( $n = 30$ )	в общежитии ( $n = 30$ )
У юношей:				
КВ, усл. ед.	$11,9 \pm 0,59$	$11,6 \pm 0,58$	$17,3 \pm 1,06$	$15,7 \pm 1,10$
ИССР, %	$112,9 \pm 6,64$	$110,0 \pm 7,75$	$102,9 \pm 8,41$	$98,4 \pm 5,49$
ИР, усл. ед.	$105,9 \pm 4,50$	$114,3 \pm 5,06$	$90,7 \pm 6,66$	$90,1 \pm 3,60$
ИС, усл. ед.	$27,4 \pm 2,81$	$32,2 \pm 3,37$	$62,1 \pm 6,64$	$51,2 \pm 3,98$
У девушек:				
КВ, усл. ед.	$16,3 \pm 0,78$	$18,8 \pm 2,47$	$20,2 \pm 1,27$	$18,9 \pm 1,06$
ИССР, %	$91,0 \pm 3,13$	$76,5 \pm 3,60^{**}$	$90,4 \pm 2,84$	$96,1 \pm 4,71$
ИР, усл. ед.	$93,9 \pm 2,83$	$110,4 \pm 3,09$	$88,1 \pm 4,10$	$82,0 \pm 3,28$
ИС, усл. ед.	$17,7 \pm 0,72$	$26,1 \pm 2,61^{**}$	$28,1 \pm 3,12$	$20,1 \pm 2,02^*$

Примечание. \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$  по сравнению с аналогичными показателями у девушек, проживающих с родителями



гемодинамики, что является неблагоприятным прогностическим признаком. Поскольку только сердечно-сосудистый тип способен обеспечить нормальный кровоток в организме, а доминирование одного механизма приводит к его истощению и патофизиологическим изменениям в системе кровоснабжения тканей.

В данной группе обследуемых обнаружены также достоверные различия в значениях ИС. Но эти значения ИС оцениваются как удовлетворительные (находятся в диапазоне 10...29 усл. ед.). Средние значения ИС достоверно различаются ( $28,1 \pm 3,12$  и  $20,1 \pm 2,02$ ,  $p < 0,05$ ). Но эти значения нельзя считать низкими, по критериям оценки они соответствуют удовлетворительному состоянию резервов кардиореспираторной системы.

Аналитическая разработка позволила оценить адаптированность студентов 1 и 4 курсов обучения, проживающих в разных условиях. Полученные данные свидетельствуют о том, что на начальном этапе обучения у большей части юношей имеются проблемы с адаптацией. Напряжение механизмов адаптации обнаружено у 46,7 % девушек, проживающих с родителями, и у 23,3 % девушек, проживающих в общежитии ( $p \leq 0,05$ ). У 20 % девушек 1 курса, проживающих в общежитии, наблюдается срыв адаптационных механизмов. На 4 курсе обучения как у юношей, так и у девушек, проживающих в общежитии, адаптированность хуже, чем у студентов, проживающих с родителями. Оценка распределения студентов по индексу Робинсона выявляет группу риска по заболеваниям системы кровообращения в процессе учебного труда (артериальная гипертония, гипотония, вегетососудистая дистония, нарушение ритма сердца).

Хорошо известно, что основным параметром, определяющим деятельность системы кровообращения (ее усиление или ослабление), является коэффициент выносливости. С учетом этого обстоятельства оценивались сопряженные связи данного параметра с показателями кровообращения. У юношей, проживающих с родителями, установлены статистически значимые корреляции средней силы между коэффициентом выносливости и кардиогемодинамическими показателями: частотой сердечных сокращений  $r = 0,59$  ( $p < 0,01$ ), пульсовым давлением  $r = -0,58$  ( $p < 0,01$ ), систолическим объемом крови  $r = -0,50$  ( $p < 0,01$ ), а также корреляции слабой силы — коэффициента выносливости с субъективным благополучием юношей  $r = -0,46$  ( $p < 0,05$ ). Проживание юношей в общежитии способствует расширению числа корреляций между функциональными параметрами кровообращения. В частности, упрочняется связь между коэффициентом выносливости и пульсовым давлением  $r = 0,73$  ( $p < 0,01$ ). Также выявляются положительные связи между коэффициентом выносливо-

сти и задержкой дыхания на вдохе  $r = 0,56$  ( $p < 0,01$ ), физической работоспособностью  $r = 0,52$  ( $p < 0,01$ ), физическим состоянием юношей  $r = -0,52$  ( $p < 0,01$ ).

У девушек, проживающих с родителями, отмечена слабая связь между коэффициентом выносливости (функциональной активностью) и задержкой дыхания на выдохе  $r = 0,36$  ( $p < 0,05$ ) и обратная связь — с астеническим состоянием  $r = -0,36$  ( $p < 0,05$ ). Напротив, у девушек, проживающих в общежитии, коэффициент выносливости сильно связан с частотой сердечных сокращений  $r = 0,73$  ( $p < 0,01$ ) и коррелировал с индексом Робинсона, отражающим риск развития заболеваний системы кровообращения  $r = 0,54$  ( $p < 0,01$ ).

### Обсуждение результатов

Как известно, неоднозначность вегетативного тонуса, внутрисистемных и межсистемных взаимосвязей способствует формированию различных типов вегетативного реагирования на различные факторы учебного труда студентов. По данным исследования, функционирование организма студентов, проживающих с родителями, сводится к преобладанию вагусных влияний на сердце и ослаблению симпатических эффектов. У юношей, проживающих в общежитии, повышается активность симпатической нервной системы. По-видимому, у студентов, проживающих в общежитии, также происходит активизация вегетативного звена регуляции в связи с адаптивной деятельностью и влиянием условий быта.

Так, по данным Е. Ю. Чеботаревой [10], более трети студентов не вполне удовлетворены условиями проживания в общежитии: 49,2 % студентов не устраивает качество уборки, 37,0 % не чувствуют себя защищенными, 24,0 % утверждают, что жизнь в общежитии для них стресс. При этом отмечена неплохая способность студентов адаптироваться даже в неблагоприятных условиях жизнедеятельности (более половины студентов — 61,6 % — утверждают, что они быстро адаптировались к условиям проживания в общежитии). В то же время имеются сведения, что у студентов с частотой сердечных сокращений в покое более 80 уд/мин отмечен субклинический уровень тревоги, средний и высокий уровни стресса, что отражает повышенную готовность симпатической нервной системы поддерживать частоту пульса на цифрах, превышающих норму [11].

Анализируя полученные средние значения вегетативных параметров, можно судить лишь об их общей тенденции. Вместе с тем, перспективным является индивидуально-типологический подход в оценке вегетативного гомеостаза. Сейчас очевидно, что в реакциях адаптации к условиям обучения и

проживания наиболее полно раскрываются индивидуально-типологические черты реагирования биосистем и адаптационные возможности организма.

Интересно отметить, что индекс напряжения регуляторных систем у юношей и девушек, проживающих в общежитии, выше, чем у студентов, проживающих с родителями. Можно предположить, что характеристика взаимосвязанных функций и теснота их связи являются важнейшими критериями, отражающими генетически обусловленную или сформированную способность центральной нервной системы к синхронизации функциональных систем организма студентов в процессе обучения и проживания в разных социально-бытовых условиях.

В. Н. Федоров [12] указывает на то, что адаптация к учебному труду связана с перестройками регуляторных механизмов и выражается в сдвигах симпато-парасимпатических влияний на функции организма. Соотношения между симпато-парасимпатическим балансом не всегда носят характер прямолинейной зависимости между активацией симпатического отдела и угнетением парасимпатического отдела автономной нервной системы. Возможны различные варианты модуляторно-регуляторной активности [13].

Изучение функциональных резервов у студентов позволило понять некоторые закономерности адаптивной реакции к условиям обучения и проживания студентов. Следует отметить, что адаптационные возможности организма студентов зависят от функционального состояния сердечно-сосудистой системы и дыхания, которые выступают индикаторами адаптивных реакций студентов во время учебно-трудовой деятельности и в различных условиях проживания. Юноши-первокурсники, проживающие с родителями и в общежитии, имеют сосудистый тип регуляции кровообращения, адаптационный потенциал, соответствующий напряжению механизмов адаптации, удовлетворительные функциональные резервы кардиореспираторной системы. Отличительной особенностью девушек 1 курса является доминирование у них сердечного типа регуляции кровообращения при напряжении адаптационных резервов и удовлетворительных значениях индекса Скибинской.

Понятно, что изменение функционального состояния и адаптационных возможностей студентов в зависимости от условий проживания и тенденций различий свидетельствует о многовариантности функционирования кровообращения и дыхания. Учитывая значения индекса Робинсона, наблюдаемые у юношей и девушек 1 курса, проживающих в общежитии, данных студентов можно отнести к группе риска по заболеваниям системы кровообращения. Вероятнее всего, проживание в общежитии в условиях активной адаптации к учебному труду в вузе предьявляет повышенные

требования к компенсаторно-приспособительным возможностям организма, которые не безграничны и в этих условиях достаточно быстро истощаются. Следовательно, эффективность начального периода адаптации к учебному труду и общий результат приспособления во многом зависят от исходных функциональных возможностей.

### Заключение

Таким образом, адаптация организма студентов к учебному труду и социально-бытовым условиям проживания строится на основе взаимодействия функциональных систем организма.

Причем это взаимодействие обеспечивает сочетание нервных и гуморальных механизмов регуляции и вызывает доминирование именно тех функций организма, которые сиюминутно необходимы в учебной деятельности. Функциональные резервы организма (коэффициент выносливости, индекс сердечно-сосудистой регуляции, адаптационный потенциал системы кровообращения) отражают тот запас организма, который определяет его адаптированность. На основании обнаруженных корреляционных связей можно отметить, что регуляция кардиореспираторных функций в различных социально-бытовых условиях проживания протекает тем совершенней, чем больший диапазон возможностей предоставляют организму его физиологические нормы. Если же регуляция происходит за пределами границы нормы, то возникает перенапряжение функциональных возможностей организма в процессе учебного труда и риск развития дезадаптации. Таким образом, необходимы оздоровительные мероприятия по профилактике состояния здоровья студентов в процессе обучения.

### Список литературы

1. **Беликова Р. М., Пятунина О. И.** Проблема адаптации студентов к обучению в вузе // Ученые записки Забайкальского государственного университета. Серия: Естественные науки. — 2009. — № 1. — С. 129–130.
2. **Кияшук Т. В., Кияшук А. А.** Виды адаптации иностранных студентов к условиям обучения и проживания в России // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Психология и педагогика. — 2010. — № 1. — С. 25–30.
3. **Романова Е. А., Павлова В. И., Романова А. Н.** Динамика умственной работоспособности в течение пятилетнего обучения в вузе // Вестник Южно-Уральского университета. Серия: образование, здравоохранение, физическая культура. — 2010. — № 37 (213). — С. 23–25.
4. **Сидоров С. В.** Социальная адаптация городских и иногородних первокурсников гуманитарного вуза // Сибирский педагогический журнал. — 2009. — № 13. — С. 81–85.
5. **Тюряпина И. В.** Особенности психоэмоционального состояния студентов-первокурсников, проживающих в общежитии, в предсессионный период // Экология человека. — 2008. — № 9. — С. 19–21.
6. **Алексеева Э. А., Шантанова Л. Н., Петунова А. Н., Иванова И. К.** Оценка функционального состояния организма студентов в период экзаменационного стресса // Вест-



- ник Бурятского государственного университета. — 2010. — № 12. — С. 108—113.
7. **Соловьев В. Н.** Умственная и физическая работоспособность студентов как фактор адаптации к учебному процессу // Успехи современного естествознания. — 2004. — № 8. — С. 69—72.
  8. **Шаханова А. В., Челышкова Т. В., Хасанова Н. Н., Силантьев М. Н.** Функциональные и адаптационные изменения сердечно-сосудистой системы студентов в динамике обучения // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия: 4. Естественно-математические и технические науки. — 2008. — № 9. — С. 60—70.
  9. **Рюмина Е. А., Мищенко Н. В., Трифанова Т. А.** Оценка адаптационных возможностей учащихся второго курса вуза II Здоровье населения и среда обитания. — 2012. — № 5 (230). — С. 40—42.
  10. **Чеботарева Е. Ю.** Отношение к проживанию в общежитии студентов из разных регионов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Психология и педагогика. — 2008. — № 3. — С. 45—52.
  11. **Есина Е. Ю., Зуйкова А. А.** Взаимосвязь частоты сердечных сокращений с донозологическими изменениями сердца у студентов медицинского вуза // Профилактическая медицина (профилактика заболеваний и укрепление здоровья). — 2013. — Т. 16. — № 3. — С. 27—32.
  12. **Федоров В. Н.** Вегетативная регуляция кардиоритма у лиц юношеского возраста, проживающих в неблагоприятных экологических условиях Северного Казахстана // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2007. — № 3. — С. 53—60.
  13. **Похачевский А. Л., Михайлов В. М., Груздев А. А.** и др. Функциональное состояние и адаптационные резервы организма // Вестник Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого. — 2006. — № 35. — С. 11—15.

**A. A. Artemenkov**, Associat Professor, Cherepovetz State University,  
e-mail: basis@live.ru

## Physiological Evaluation of Students' Adaptation to the Education

*Researched vegetative status and functional reserves students in adapting to the conditions of learning and living. The dependence of the autonomic regulation of heart rhythm students from the social conditions of living. The evaluation of functional reserves of students, the main criteria which are endurance factor index cardiovascular regulation and index Skibinski. Identified risk group diseases of the circulatory system and levels of adaptation. Researched the relationship between autonomic stability and situational anxiety, and endurance factor cardiovascular indicators. There was found that the vegetative control of cardiorespiratory function provides somaticvisceral interaction in normal conditions and in adapting to the educational activity.*

**Keywords:** students, learning and living conditions, vegetative regulation, functional reserves adaptation opportunities

### References

1. **Belikova R. M., Pyatunina O. I.** Problema adaptatsii studentov k obucheniyu v vuze. *Uchenye zagiski Zabaykal'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki.* 2009. N. 1. P. 129—130.
2. **Kiyaschuk T. V., Kiyaschuk A. A.** Vidy adaptatsii inostrannykh studentov k usloviyam obucheniya i prozhivaniya v Rossii. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Psihologiya i pedagogika.* 2010. N. 1. P. 25—30.
3. **Romanova E. A., Pavlova V. I., Romanova A. N.** Dinamika umstvennoy rabotosposobnosti v techenie pyatiletnego obucheniya v vuze. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo universiteta. Seriya: Obrazovanie, zdavoohranenie, fizicheskaya kul'tura.* 2010. N. 37 (213). P. 23—25.
4. **Sidorov S. V.** Sotsial'naya adaptatsiya gorodskih i inogorodnih pervokursnikov gumanitarnogo vuza. *Sibirskiy pedagogicheskii zhurnal.* 2009. N. 13. P. 81—85.
5. **Tyuryapina I. V.** Osobennosti psihoemotsional'nogo sostoyaniya studentov-pervokursnikov, prozhivayuschih v obshchezhitii, v predsessionnyj period. *Ekologiya cheloveka.* 2008. N. 9. P. 19—21.
6. **Alekseeva E. A., Shantanova L. N., Petunova A. N., Ivanova I. K.** Otsenka funktsional'nogo sostoyaniya organizma studentov v period ekzamenatsionnogo stressa. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta.* 2010. N. 12. P. 108—113.
7. **Solov'ev V. N.** Umstvennaya i fizicheskaya rabotosposobnost' studentov kak faktor adaptatsii k uchebnomu protsessu. *Uspuhi soyremennogo estestvoznaniya.* 2004. N. 8. P. 69—72.
8. **Shahanova A. V., Chelyshkova T. V., Hasanova N. N., Silant'ev M. N.** Funktsional'nye i adaptatsionnye izmeneniya serdechno-sosudistoy sistemy studentov v dinamike obucheniya. *Vestnik Aдыгейского gosudarstvennogo uniegrsiteta. Seriya: 4. Estestvenno-matematicheskie i tehnikeskie nauki.* 2008. N. 9. P. 60—70.
9. **Ryumina E. A., Mischenko N. V., Trifanova T. A.** Otsenka adaptatsionnykh vozmozhnostey uchashchihsya vtorogo kursa vuza. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya.* 2012. N. 5 (230). P. 40—42.
10. **Chebotareva E. Yu.** Otnoshenie k prozhivaniyu v obshchezhitii studentov iz raznykh regionov. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Psihologiya i pedagogika.* 2008. N. 3. P. 45—52.
11. **Esina E. Yu., Zuykova A. A.** Vzaimosvyaz' chastoty serdechnykh sokrascheniy s donozologicheskimi izmeneniyami serdtsa i studentov meditsinskogo vuza. *Profilakticheskaya meditsina (profilaktika zabolevaniy i ukreplenie zdorov'ya).* 2013. V. 16. N. 3. P. 27—32.
12. **Fedorov V. N.** Vegetativnaya regulyatsiya kardioritma i lits yunosheskogo vozrasta, prozhivayuschih v neblagopriyatnykh ekologicheskikh usloviyah Severnogo Kazahstana. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti.* 2007. N. 3. P. 53—60.
13. **Pohachevskiy A. L., Mihaylov V. M., Gruzdev A. A.** i dr. Funktsional'noe sostoyanie i adaptatsionnye rezervy organizma. *Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta im. Yaroslava Mudrogo.* 2006. N. 35. P. 11—15.

УДК 656.004.2.003.12

**Р. А. Дурнев**, д-р техн. наук, доц., зам. начальника института, e-mail: rdurnev@rambler.ru  
**С. В. Колеганов**, зам. начальника научно-исследовательского отдела, ВНИИ ГОЧС (ФЦ), Москва

## Комплексная оценка уровня транспортной безопасности: постановка задачи и замысел решения

*В первой статье этой серии приведена формулировка научной задачи по разработке методики комплексной оценки уровня транспортной безопасности в субъекте Российской Федерации, обоснованы метод и замысел ее решения.*

**Ключевые слова:** транспортный объект, надзор и контроль, транспортная безопасность, пожарная безопасность, гражданская оборона, защита от чрезвычайных ситуаций, техническое состояние, уровень транспортной безопасности, нечеткие множества

В целях повышения эффективности мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее — ЧС) на автомобильном, железнодорожном, воздушном, морском и внутреннем водном (далее — водном) транспорте в интересах органов надзора в сфере транспортной безопасности разрабатывается методика комплексной оценки уровня транспортной безопасности в субъекте Российской Федерации [1]. Оценки уровней безопасности с использованием данной методики будут являться базой для разработки долгосрочных, среднесрочных и краткосрочных целевых программ, планов, а также для принятия решений по предупреждению и ликвидации ЧС на транспорте.

В соответствии с требованиями вышеупомянутой методика должна позволять следующее.

1. Использовать исходные данные, получаемые в результате реализации контрольно-надзорных функций в сфере транспортной и другой безопасности (т. е. результатов проверок, оформления предписаний и т. п.). В целях документального подтверждения реализации указанных функций оформляются акты проверки юридического лица или индивидуального предпринимателя. В акте, в том числе, отмечаются:

- нарушения обязательных требований или требований, установленных муниципальными правовыми актами, в области обеспечения транспортной безопасности;
- факты невыполнения предписаний органов государственного контроля (надзора), органов муниципального контроля.

Фактически данный документ представляет собой перечень нарушений отдельных положений законов, постановлений, руководств, инструкций

и других регламентирующих документов. Очевидно, что чем больше перечень таких нарушений, тем менее безопасен транспортный объект. Степень безопасности еще в большей степени снижается, если выявлены факты неустранения нарушений, установленных предыдущими проверками.

Другим документом, оформляемым по результатам проверки в целях принятия ограничительных и других мер, является предписание об устранении выявленных нарушений. В нем также перечисляются выявленные нарушения и приводятся меры по их устранению. Говоря о существовании таких мер, можно отметить, что они разделяются на следующие категории:

1) ограничить или запретить эксплуатацию какого-либо элемента транспортного объекта (например, подвижного состава железнодорожного транспорта);

2) устранить нарушение в течение установленного срока.

Первая категория предусматривает немедленное исполнение мер, т. е. "мгновенное" ограничение или прекращение эксплуатации до момента устранения нарушения.

Срок реализации меры второй категории определяется лицом или комиссией (далее — инспектором), проводившими проверку.

И наконец, в случае невыполнения предписаний составляются протоколы об административных правонарушениях, заявления о привлечении к административной ответственности и судом выносятся постановления о назначении административного наказания (в виде штрафа). Факты наказаний свидетельствуют о систематическом невыполнении требований в области обеспечения



транспортной безопасности, что, в свою очередь, позволяет сделать вывод о крайне низком уровне безопасности транспортного объекта. То же касается и других видов надзора, которым подвергается объект (пожарный, в области гражданской обороны (далее — ГО) и защиты от ЧС).

2. Использовать результаты применения утвержденных расчетных, инструментальных и иных методик оценки технического состояния, безопасности, условий эксплуатации транспортных объектов и т. п.

3. Применять выходные показатели настоящей методики в деятельности органов надзора и органов повседневного управления Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (далее — РСЧС). Предполагается, что при снижении уровня транспортной безопасности (далее — УТБ) субъекта Российской Федерации могут изменяться режимы функционирования РСЧС, приводиться в готовность силы и средства ликвидации ЧС и т. п.

Также целесообразно использовать указанные результаты в деятельности страховых структур (в рамках так называемого аудита безопасности), федеральных органов исполнительной власти, отвечающих за различные виды транспорта (например, Росжелдор).

4. С малой дискретизацией, практически регулярно оценивать УТБ в субъектах Российской Федерации. В настоящее время дискретизация таких оценок является значительной, так как, например, паспорт безопасности, в котором фиксируются данные оценки, актуализируется раз в 5 лет, декларация безопасности — от 2 до 5 лет, например, по судоходным гидротехническим сооружениям (далее — СГТС). При этом следует отметить, что указанные оценки в паспорте приводятся в "усеченном виде" в качестве оценки техногенного риска чрезвычайных ситуаций в зависимости от технического состояния транспортного объекта. В то же время область деятельности органов надзора значительно шире и охватывает и техническое состояние и состояние юридического лица в целом (т. е. в определенной мере учитывает, например, человеческий фактор), в том числе деятельность по охране объектов, антитеррористической защищенности и т. д.

5. Обеспечивать автоматизированное поступление сведений по результатам вышеуказанных проверок и оценок, обработку в информационной системе (на базе специального программного обеспечения) при незначительном участии оператора.

На основе изложенного выше можно сформулировать следующую научную задачу: на основе анализа результатов надзорной деятельности в

сферах транспортной и пожарной безопасности, в области ГО и защиты от ЧС, методических подходов к оценке технического состояния, безопасности, уязвимости транспортных объектов разработать методику комплексной оценки уровня транспортной безопасности в субъекте Российской Федерации и рекомендации по использованию результатов ее использования в деятельности надзорных органов, органов повседневного управления РСЧС и других структур.

Однако анализ показывает, что решение данной научной задачи, реализация указанных требований к методике затруднены в связи со следующим.

1. Результаты проверок имеют ярко выраженный качественный характер. В актах, предписаниях и решениях суда есть только перечисление нарушенных требований и меры по их устранению. Все эти нарушения и меры имеют, в основном, лингвистическое описание, что делает сложным применение традиционных методов количественного обоснования решений.

2. Отсутствуют данные по тяжести нарушения обязательных требований или требований, установленных муниципальными правовыми актами, в области обеспечения транспортной и других видов безопасности. Это, в свою очередь, не позволяет классифицировать, "взвешивать" данные нарушения с точки зрения влияния на УТБ.

3. Отсутствуют методические подходы не только к количественной, но и к качественной оценке безопасности разных типов транспортных объектов и видов транспорта, оценке их технического состояния, риска ЧС и т. п. Исключение составляют только Методические рекомендации по контролю технического состояния и оценке безопасности судоходных гидротехнических сооружений [2], в которых, в том числе, приведены методы определения предельно допустимых значений качественных признаков и количественных параметров, характеризующих наиболее значимые свойства СГТС. Не обсуждая корректность рискованного подхода к оценке безопасности сложных технических сооружений (подробный анализ приведен в работе [3]), достоинства и недостатки указанных методических рекомендаций, например, некорректность с точки зрения теории измерений большинства операций, выполняемых с порядковыми (балльными) оценками), следует отметить, что многие параметры и их градации предполагают широкий спектр экспертных оценок: степень соответствия условий эксплуатации проектным требованиям, диапазоны порядковой шкалы для оценки технического состояния, верхняя граница вероятности возникновения аварии на СГТС, экспертные оценки технического состояния элементов СГТС при отсутствии

инструментального обследования и многое другое. И в этом случае не вполне понятно, как осуществляется переход от конкретных технических параметров к экспертным градациям типа "нормальный", "пониженный" и т. п.

Фактически это необоснованная попытка придать искусственную определенность ситуации, которая в принципе плохо определена, так как все экспертные градации отражают только ограниченный опыт некоторых специалистов в сложной сфере оценки технического состояния. Но с учетом того, что эти методические рекомендации введены в действие, этот ограниченный опыт будет массово использоваться персоналом СГТС длительное время (до пересмотра и утверждения методических рекомендаций). При этом по остальным типам транспортных объектов таких формализованных методик вообще не существует.

4. В развитие предыдущего положения следует отметить, что существует значительное количество типов объектов транспорта, например, только по железнодорожному транспорту — вокзалы, тоннели мосты, перегоны. Все эти типовые объекты обладают огромным числом типовых характеристик, влияющих на безопасность, учесть которые в едином подходе крайне затруднительно. Решение этой задачи еще в большей степени осложняется тем, что значения этих характеристик для типовых объектов уникальны для каждого конкретного объекта и определяются его спецификой.

5. Если учитывать только вопросы транспортной безопасности в традиционном понимании (т. е. всего того, что снижает вероятность возникновения аварий и катастроф, смягчает тяжесть их последствий), то возникают некоторые парадоксы, например: чем больше нарушений, тем менее опасен становится объект, а чем менее опасен становится объект, тем большие затраты на поддержание в готовности сил и средств ликвидации возможных ЧС.

Это объясняется тем, что выявленное нарушение является возможной причиной возникновения аварии. Но причина эта выявлена, и для ее устранения принимается система мер. И чем больше таких нарушений, тем больше причин идентифицировано, тем масштабней мероприятия по недопущению их реализации, парированию возможной опасности. Все это, безусловно, снижает техногенные опасности транспортных объектов, но на весь период реализации указанных мер силы и средства ликвидации ЧС поддерживаются в повышенной готовности, происходит их наращивание, плановая замена и т. п. Все это в значительной степени затрудняет правильный учет таких особенностей в системе антикризисного управле-

ния МЧС России, в том числе в Национальном центре управления в кризисных ситуациях.

Другим парадоксом является следующий: вероятность аварии на техногенном объекте (в частном случае — транспортном) слабо зависит от соответствия объектов установленным требованиям, инструментальной оценки его технического состояния, оценки риска и т. п. Примерами этого могут служить аварии на Чернобыльской АЭС, АЭС "Фукусима", теплоходе "Александр Суворов", пароходе "Адмирал Нахимов", авиакатастрофа под Ярославлем (2011 г.), авария на Саяно-Шушенской ГЭС и т. п. Опыт экономически развитых стран также свидетельствует о слабой зависимости количества аварий и катастроф от сроков эксплуатации транспортных объектов (в объекты со значительными сроками эксплуатации осуществляется вложение больших финансовых средств до тех пор, пока издержки не превысят доход от эксплуатации).

С учетом сказанного можно сделать вывод о том, что вышеназванная задача носит преимущественно качественный характер, является слабо формализованной, обладает значительной неопределенностью в содержании исходных данных и процедуре их обработки, для ее решения отсутствует необходимый научно-технический и инструментальный задел.

В этой связи целесообразно использование теории нечетких множеств [4—7], являющейся обобщением классической теории множеств, в том числе на случай различного рода физических, лингвистических и других неопределенностей.

В общем виде нечетким множеством  $A$ , определенным на области  $X$ , является множество пар [5]:

$$A = \{(\mu_A^*(x), x)\}, \forall x \in X, \quad (1)$$

где для каждого элемента  $x \in X$  степень  $\mu_A^*$  его принадлежности множеству  $A$  задается с помощью функции принадлежности  $\mu_A(x)$ , равной

$$\mu_A(x) \in [0, 1] \text{ или } \mu_A: X \rightarrow [0, 1]. \quad (2)$$

При этом  $\mu_A^*$ , соответствующая какому-то числу от 0 до 1, характеризует степень, с которой элемент  $x$  принадлежит множеству  $A$ .

Теоретические и прикладные аспекты применения теории нечетких множеств изложены в многочисленных работах [5—9] и поэтому подробно рассматриваться не будут, за исключением самых общих основ и специфики аппарата применительно к решаемой задаче.

Говоря о существовании этой задачи, можно отметить, что переход от информации в актах, предписаниях, постановлениях до уровня транспортной безопасности в субъекте Российской Федерации



некорректно и практически невозможно осуществлять напрямую, без промежуточных этапов. В настоящее время такие зависимости отсутствуют, и маловероятно, что они могут быть получены в ближайшее время даже при наличии обширной статистики. Очевидно, что оценка УТБ в субъекте Российской Федерации в зависимости от состояния конкретного транспортного объекта вызовет затруднения и у эксперта (известно, что достоверность экспертных оценок резко снижается при укрупнении оцениваемых процессов, объектов [10, 11]). Конечно, эксперта можно принудить дать ответ на данный вопрос, но практическая ценность такого ответа будет близка к нулю.

В этой связи целесообразно определить промежуточные этапы рассматриваемой оценки.

На *первом этапе* необходимо осуществить переход от сведений, содержащихся в документах по проверке и надзору в различных областях — транспортной, пожарной и т. п., или от результатов оценки технического состояния, безопасности, риска к степени соответствия объекта установленным требованиям. Результатом данной процедуры будет число от 0 до 1, характеризующее указанную степень для конкретного объекта, т. е. в этом случае осуществляется процедура "оцифрования" сведений, содержащихся в документах.

После определения степеней соответствия нескольких объектов определенного типа (например, ж/д тоннелей) на *втором этапе* необходимо оценить количество объектов данного типа в субъекте Российской Федерации, соответствующих установленным требованиям. Такие данные нужно получать для всех типов транспортных объектов, показанных в таблице.

После определения количества объектов, соответствующих установленным требованиям, необходимо оценить, насколько тот или иной тип объекта влияет на безопасность вида транспорта (на-

пример, ж/д тоннели — на железнодорожный транспорт). При этом безопасность вида транспорта с учетом вышеприведенных парадоксов необходимо оценивать не с точки зрения рискованного подхода (чем меньше ж/д тоннелей, соответствующих требованиям, тем больше риск возникновения аварии на железнодорожном транспорте, тяжелых последствия такой аварии), а с точки зрения нарушения нормальной жизнедеятельности субъекта Российской Федерации по вине железнодорожного транспорта, иначе имеется риск нарушения нормального функционирования железнодорожного транспорта. Действительно, если найдены серьезные нарушения на конкретном ж/д тоннеле и исключена или ограничена его эксплуатация, то вероятность аварии на нем снижается. Но, в то же время, и конкретное транспортное предприятие, и ряд отраслей экономики в субъекте, да и население в целом несут какие-то потери (например, транспортное предприятие — недополученные выгоды, отрасли экономики — экономический ущерб, население — увеличение затрат на покупку предметов первой необходимости, доставляемых железнодорожным транспортом).

Переход от количества транспортных объектов, соответствующих установленным требованиям, к риску нарушения нормального функционирования вида транспорта и *будет составлять существо третьего этапа*. При этом следует отметить, что данный риск должен зависеть не просто от количества различных типов объектов, соответствующих установленным требованиям, но и от сочетания данных количеств (например, по ж/д тоннелям, мостам, перегонам и вокзалам).

При наличии данных о риске нарушения нормального функционирования железнодорожного, автомобильного, авиационного и водного транспорта в субъекте Российской Федерации на *четвертом этапе* возможно оценить УТБ.

Типы транспортных объектов и виды транспорта

Вид транспорта			
Железнодорожный	Автомобильный	Речной/морской (далее — водный)	Авиационный
Тип объекта			
Ж/д тоннели	Автовокзалы	СГТС	Аэропорты (аэродромы)
Ж/д мосты	Автомобильные тоннели	Водные порты	Центры организации воздушного движения
Ж/д перегоны	Автомобильные мосты	Водные вокзалы	—
Ж/д вокзалы (станции)	—	—	—
Организации, осуществляющие перевозку опасных грузов			
Организации, эксплуатирующие инфраструктуру общего пользования			



#### Последовательность осуществления замысла оценки УТБ в субъекте Российской Федерации

И наконец, для того, чтобы применять выходные показатели методики в деятельности органов повседневного управления РСЧС, надзорных органов и других структур, должна предусматриваться система рекомендаций, использующаяся на различных уровнях (этапах) применения методики, для различных потребителей информации (*пятый этап*).

Таким образом, переход от информации в актах, предписаниях, постановлениях до УТБ в субъекте Российской Федерации будет выполняться в соответствии с замыслом, последовательность осуществления которого показана на рисунке.

Таким образом, в настоящей статье приведена формулировка научной задачи по разработке методики комплексной оценки уровня транспортной безопасности в субъекте Российской Федерации, обоснованы метод и замысел ее решения.

В следующей статье данной серии будут приведены предпосылки и допущения, принятые при разработке рассматриваемой методики.

#### Список литературы

1. **Техническое задание** на выполнение работ по теме "Развитие интегрированного в систему Национального центра управления в кризисных ситуациях сегмента системы комплексного мониторинга в части критически важных объектов транспортной инфраструктуры и перевозки опасных". Приложение № 1 к Государственному контракту от 17.12.2013 № 7.2.13-140.
2. **Методические рекомендации** по контролю технического состояния и оценке безопасности судоходных гидротехнических сооружений. — М.: Росморречфлот, 2011.
3. **Гражданкин А. И.** Риск-ориентированный подход в промышленной безопасности. Официальный сайт сети центров нормативно-технической документации "Техэксперт", <http://www.cntd.ru>.
4. **Заде Л.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. — М.: Мир, 1976.
5. **Пегат А.** Нечеткое моделирование и управление. — М.: Изд. Бинум, 2011.
6. **Борисов А. Н.** и др. Принятие решений на основе нечетких моделей. — Рига, Изд. Зиниатне, 1990.
7. **Леоненков А. В.** Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. — СПб: БХВ-Петербург, 2005.
8. **Штовба С. Д.** Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. — М.: Горячая линия — Телеком, 2007.
9. **Леоненков А. В.** Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. — СПб: БХВ-Петербург, 2005.
10. **Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г.** Математико-статистические методы экспертных оценок. — М.: Статистика, 1980.
11. **Гохман О. Г.** Экспертное оценивание. — Воронеж: Изд-во ВГУ, 1991.

**R. A. Durnev**, Associate Professor, Deputy Head Institute, e-mail: [rdurnev@rambler.ru](mailto:rdurnev@rambler.ru),  
**S. V. Koleganov**, Deputy Head of department, FCBI Institute of Civil Defense (FC)

## The Integrated Transport Safety Level Assessment: Problem Definition and Decision Plan

*Problem statement: It's necessary to evaluate the security levels of the single transport objects and transportation system in municipalities, federal subjects of the Russian Federation in order to reduce accidents level and improvement of means of control and supervision in the field of transportation. This requires elaborating the methodology of the integrated transport safety level assessment and recommendations for the use of its results in the work of the supervisory bodies, the operating bodies of the Russian Unified Emergency Rescue Service (RUERS) and other organizations.*

*Research methods: The target of integrated transport safety levels assessment is predominantly qualitative and weakly formalized; it has material uncertainties in the content of the initial data and their processing procedure. In that context, the methodology is based on the fuzzy-set theory, which is a generalization of the classical set theory, including the case of various types of physical, linguistic and other uncertainties means of control and supervision.*

*Results: The elaborated method allows the use of initial data obtained as a result of realization of means of control and supervision of transport, technical condition assessment, security, conditions of transportation objects and systems, and to apply output data in the work of supervision bodies, the operating bodies of RUERS, federal executive authorities, which are in charge of the different kinds of transport.*

*Practical relevance: Using special software on the basis of this methodology will allow providing automated incoming and processing of the control and supervision results in the field of transport, assessing the security level of transportation objects and systems. This will be the basis for reducing accidents in transport, reducing human losses and material damage.*

**Keywords:** transport object, supervision and control, transport safety, fire safety, civil defense, protection against emergency situations, technical condition, level of transport safety, fuzzy sets



#### References

1. **Tehnicheskoe zadanie** na vypolnenie rabot po teme "Razvitiye integrirovannogo v sistemu Nacional'nogo centra upravleniya v krizisnykh situatsiyakh segmenta sistemy kompleksnogo monitoringa v chasti kriticheski vazhnykh ob'ektov transportnoy infrastruktury i perevozki opasnykh". Prilozhenie N. 1 k Gosudarstvennomu kontraktu ot 17.12.2013. Nю 7. P. 13–140.
2. **Metodicheskie rekomendacii** po kontrolju tehniceskogo sostojanija i ocenke bezopasnosti sudohodnykh gidrotehnicheskikh sooruzhenij. M.: Rosmorrechflot, 2011.
3. **Grazhdankin A. I.** Risk-orientirovannyj podhod v promyshlennoj bezopasnosti. Oficial'nyj sayt seti centrov normativno-tehnicheskoy dokumentacii "TehjekspeRt", <http://www.cntd.ru>.
4. **Zade L.** Ponjatie lingvisticheskoy peremennoj i ego primenenie k prinjatiju priblizhennykh reshenij. M.: Mir, 1976.
5. **Pegat A.** Nechetkoe modelirovanie i upravlenie. M.: Izd. Binom, 2011.
6. **Borisov A. N.** i dr. Prinjatие reshenij na osnove nechetkikh modelej. Riga, Izd. Zinatne, 1990.
7. **Leonenkov A. V.** Nechjotkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH. SPb: BHV-Peterburg, 2005.
8. **Shtovba S. D.** Proektirovanie nechjotkikh sistem sredstvami MATLAB. M.: Gorjachaja linija — Telekom, 2007.
9. **Leonenkov A. V.** Nechjotkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH. SPb: BHV-Peterburg, 2005.
10. **Beshelev S. D., Gurvich F. G.** Matematiko-statisticheskie metody jekspertnykh ocenok. M.: Statistika, 1980.
11. **Gohman O. G.** Jekspertnoe ocenivanie. Voronezh: Izd-vo VGU, 1991.

УДК 66.013

**Т. Н. Швецова-Шиловская**, д-р техн. наук, проф., нач. отделения, e-mail: [dir@gosniiokht.ru](mailto:dir@gosniiokht.ru), **О. В. Полехина**, канд. техн. наук, вед. науч. сотр., **Е. Н. Глухан**, д-р техн. наук, нач. отдела, **А. А. Афанасьева**, канд. техн. наук, нач. отдела, **М. В. Корольков**, канд. техн. наук, нач. отделения, **А. Ю. Орлов**, нач. отдела, **В. А. Потапкин**, канд. техн. наук, нач. отдела, ГосНИИ органической химии и технологии, Москва

## Методические подходы к ранжированию опасных химических объектов для определения перечня приоритетных мер по снижению химической опасности

*Методика ранжирования опасных химических объектов позволяет провести их сравнительный анализ на основе доступных данных, получить объективную оценку уровня опасности объекта и его готовности к ликвидационным мероприятиям.*

**Ключевые слова:** опасные химические объекты, источники химической опасности, критерии оценки химической опасности

### Введение

На территории Российской Федерации находится значительное количество производственных объектов, являющихся источниками химической опасности (ИХО). Это прекратившие производственную деятельность промышленные и сельскохозяйственные предприятия, заброшенные полигоны хранения промышленных и бытовых отходов, склады пришедших в негодность ядохимикатов и т. п. Все они могут быть определены как опасные химические объекты. Эти объекты, даже после прекращения их деятельности, продолжают оказывать негативное воздействие на окружающую природную среду (ОПС) и через загрязненные объекты ОПС — на население, проживающее на прилегающих территориях. Вследствие этого про-

исходит ухудшение качества среды обитания человека и здоровья населения.

Ликвидация подобных опасных химических объектов должна проводиться поэтапно, с учетом реальной опасности, которую тот или иной ИХО представляет для здоровья населения, проживающего в местах размещения объекта, для окружающей природной среды. Среди огромного числа разнородных ИХО, размещенных на территории Российской Федерации, для проведения ликвидационных работ необходимо выбрать в первую очередь те ИХО, которые представляют наибольшую химическую опасность и являются наиболее "подготовленными" к проведению ликвидационных работ.

Выбор таких объектов должен проводиться обоснованно, на базе четких критериев и методических подходов. В Российской Федерации к настоящему времени создан ряд методических доку-

ментов, позволяющих определять степень негативного воздействия объектов на окружающую среду и здоровье населения, оценивать накопленный экологический ущерб [1–5]. Однако эти методические разработки имеют отраслевой характер и не учитывают всех особенностей перечисленных выше ИХО. Кроме того, для их практической реализации необходим большой и очень детальный объем информации, который не всегда доступен (особенно когда речь идет о заброшенных промышленных предприятиях и полигонах размещения промышленных отходов).

Поэтому важной и актуальной задачей является разработка таких методов оценки опасных химических объектов, которые позволят охарактеризовать ИХО с различных позиций, провести их сравнительный анализ по доступным данным и получить объективную оценку уровня опасности объекта и его готовности к ликвидационным мероприятиям.

Обоснование критериев оценки ИХО и разработка методики ранжирования объектов для включения в план первоочередных мероприятий по снижению химической опасности является целью настоящего исследования.

### 1. Система критериев оценки целесообразности и приоритетности включения опасного химического объекта в план ликвидационных мероприятий

Система критериев оценки целесообразности и приоритетности включения опасного химического объекта в план ликвидационных мероприятий (далее по тексту — система критериев) должна разрабатываться с учетом опасности объекта, его географического положения, риска возникновения аварийных ситуаций и масштабов негативного воздействия ИХО на окружающую природную среду и здоровье населения.

Формирование системы критериев произведено на основе наиболее значимых характеристик источника химической опасности. При разработке системы критериев учитывались две группы характеристик (групповые показатели):

- 1) групповая характеристика, отражающая уровень опасности объекта;
- 2) групповая характеристика, отражающая готовность объекта к ликвидационным мероприятиям.

Каждая группа характеристик (групповой показатель) включает частные показатели. Оценка целесообразности и приоритетности включения рассматриваемого ИХО в план ликвидационных мероприятий формируется на основе совокупности этих показателей.

Таким образом, приоритетность ИХО определяется как уровнем опасности объекта для населе-



Схема взаимосвязи показателей, определяющих приоритет источников химической опасности

ния и окружающей природной среды, так и степенью готовности ИХО к ликвидации.

Схема взаимосвязи показателей отражена на рисунке.

*Частные показатели, характеризующие уровень опасности объекта для окружающей природной среды и населения*

Уровень опасности ИХО для окружающей природной среды и населения может быть охарактеризован следующими частными показателями:

- показатели, характеризующие негативное воздействие на объекты окружающей природной среды;
- показатели, характеризующие возможное ухудшение качества среды обитания человека и ухудшение здоровья населения;
- показатели, характеризующие техническое состояние ИХО.

*Негативное воздействие ИХО на ОПС, ухудшение качества среды обитания человека* можно обобщенно охарактеризовать следующими показателями:

- наличие на рассматриваемом ИХО значительных количеств опасных веществ, представляющих угрозу жизни и здоровью людей, опасность для окружающей природной среды;
- близость населенных пунктов;
- близость водных объектов, имеющих природоохранное и народнохозяйственное значение (например, крупные реки и озера, источники питьевой воды для населенных пунктов и др.);
- близость объекта к территории со специальным режимом осуществления хозяйственной и иной деятельности, а также имеющей особое при-



родоохранное значение (заповедники, национальные парки, музейные комплексы и др.).

*Степень ухудшения здоровья населения*, обусловленное негативным воздействием опасного производственного объекта (ОПО), характеризуется медико-демографическими критериями в совокупности с критериями и показателями загрязнения ОПС. При оценке степени ухудшения здоровья человека, обусловленной негативным воздействием ОПО, следует использовать основные медико-демографические критерии состояния здоровья населения, рекомендованные в методике [3].

Ухудшение технического состояния ИХО косвенно также оказывает негативное воздействие на ОПС и здоровье людей.

*Техническое состояние объекта* как потенциального источника опасности может характеризоваться следующими показателями:

- степень сохранности зданий и сооружений на промплощадке;
- наличие (или отсутствие) загрязненного технологического оборудования;
- степень загрязненности зданий и сооружений;
- степень загрязненности территории промплощадки;
- наличие и состояние хранилища отходов производства (шламонакопителей);
- наличие системы охраны и системы обеспечения безопасности объекта.

Шламонакопители (отстойники) и места захоронения отходов производства, как источники химической опасности, характеризуются следующими показателями:

- агрегатное состояние отходов;
- степень заполненности хранилища;
- класс опасности отходов;
- наличие заградительных элементов;
- наличие противодиффузионных устройств (изоляция, дренажные устройства и пр.);
- наличие наблюдательных скважин;
- изоляция от поверхностных осадков.

С течением времени техническое состояние объекта, выведенного из эксплуатации, может ухудшаться, что приведет к росту негативного воздействия объекта на ОПС и здоровье человека.

*Частные показатели, характеризующие готовность объекта к ликвидационным мероприятиям*

Готовность объекта к ликвидации может быть охарактеризована рядом частных показателей. Наиболее значимыми являются:

- наличие проработанной технологии ликвидации источника химической опасности — преимущественный фактор для включения данного объекта в план первоочередных мероприятий;

— наличие развитой инфраструктуры, обеспеченность ресурсами также может учитываться при определении приоритетности ИХО.

В этой группе целесообразно учитывать и технико-экономические характеристики при наличии соответствующих данных, а именно:

- затраты на ликвидацию объекта и приведение территории в безопасное состояние;
- сроки проведения работ по ликвидации объекта;
- затраты на реализацию природоохранных мероприятий и компенсационные выплаты;
- статус высвобождаемых земель.

Перечисленные выше основные показатели (характеристики) опасности ИХО для их оценки и принятия решения о целесообразности и приоритетности объекта для включения в план ликвидационных мероприятий требуют большого объема информации. Однако по многим объектам в силу разных причин необходимая информация в полном объеме отсутствует. Поэтому для разработки критериев целесообразно сформировать группу показателей, которые могут быть оценены по доступным данным, но в то же время дадут объективную оценку уровня опасности объекта и его готовности к ликвидационным мероприятиям.

На основе рассмотренных выше показателей сформирована система критериев целесообразности и приоритетности включения объектов в план первоочередных мероприятий. Система критериев включает:

- показатели, сгруппированные и расположенные по степени важности (значимости) для принятия решения о включении рассматриваемого ИХО в план первоочередных мероприятий;
- коэффициенты значимости показателя для каждой группы показателей, цель введения которых — присвоить "вес" показателям, имеющим более высокий статус;
- рекомендации по назначению оценок показателей (в баллах);
- порядок установления приоритета ИХО (включать ли рассматриваемый ИХО в группу первоочередных мероприятий либо включить в план мероприятий второй очереди).

Разработанная система критериев представлена в табл. 1.

Выделено пять уровней (групп) значимости показателей. Для каждого уровня назначен свой коэффициент значимости показателя  $K$ .

1-й уровень значимости —  $K = 10$ . Эта группа показателей наиболее важна для определения опасности объекта и назначения приоритета его включения в перечень первоочередных мероприятий.

2-й уровень —  $K = 8$ . Эта группа показателей вторая по значимости.

3-й уровень —  $K = 6$ .

4-й уровень —  $K = 4$ .



Таблица 1

**Система критериев целесообразности и приоритетности включения источников химической опасности в план ликвидационных мероприятий**

№ п/п	Значимость показателя	Показатель	Коэффициент значимости показателя	Рекомендации по значениям баллов	
1	1	Класс опасности веществ. Наличие веществ I—II класса опасности	10	I—II класс опасности 1 балл	III—IV класс опасности 0 баллов
2	1	Класс опасности объекта (в соответствии с законом № 116-ФЗ от 20.06.1997)	10	I—II класс опасности 1 балл	III—IV класс опасности 0 баллов
3	2	Площадь объекта загрязнения	8	Более 10 га 1 балл	Менее 10 га 0 баллов
4	2	Подтверждение загрязнения объектов окружающей природной среды источником химической опасности	8	Существует опасность загрязнения компонентов ОПС 1 балл	Маловероятно загрязнение компонентов ОПС 0 баллов
5	3	Близость к населенным пунктам	6	До 3 км включительно 1 балл	Более 3 км 0 баллов
6	3	Близость к водным объектам	6	До 1 км включительно 1 балл	Более 1 км 0 баллов
7	3	Расположение объекта на территории со специальным режимом осуществления хозяйственной и иной деятельности, а также имеющей особое природоохранное значение	6	Расположен в непосредственной близости 1 балл	Не расположен 0 баллов
8	3	Численность населения в близлежащем от объекта населенном пункте	6	Свыше 10 тыс. человек 1 балл	До 10 тыс. человек или нет нас. пункта 0 баллов
9	4	Наличие загрязненных зданий и сооружений, технологического оборудования	4	Есть здания 1 балл	Нет зданий 0 баллов
10	5	Характеристика объекта размещения отходов	2	Открытая площадка 1 балл	Отсутствует объект 0 баллов
11	5	Наличие системы охраны и системы обеспечения безопасности ОПО	2	Отсутствует 1 балл	Имеется 0 баллов
12	5	Наличие и степень проработанности технологии ликвидации объекта	2	Есть эффективная технология ликвидации объекта 1 балл	Отсутствует или слабо проработана 0 баллов
		<b>Предельное значение суммы баллов с учетом коэффициентов значимости показателя</b>		<b>70</b>	

5-й уровень —  $K = 2$ .

Каждому показателю присваивается значение в баллах на двух уровнях:

*1 балл*, если присутствует опасность для ОПС и здоровья людей (есть опасные вещества в больших количествах, близость к крупным населенным пунктам, наличие загрязненных зданий и сооружений, отсутствует система ограждения и охраны и т. п.) или ИХО в большей степени готов к ликвидационным мероприятиям;

*0 баллов*, если опасность маловероятна (нет опасных веществ, объект расположен в безлюдной местности, есть система охраны и ограждения и т. п.) или нет проработанной технологии ликвидации ИХО.

На основе данной системы критериев разработана методика оценки целесообразности и приоритетности включения ИХО в план ликвидационных мероприятий Федеральной целевой про-

граммы "Национальная система химической и биологической безопасности Российской Федерации (2015—2020 годы)" (далее по тексту — ФЦП).

## 2. Основные положения методики

Методика оценки целесообразности и приоритетности включения ИХО в план ликвидационных мероприятий (далее по тексту — методика) устанавливает порядок определения приоритетности включения опасных химических объектов в план мероприятий проекта Федеральной целевой программы по их утилизации ИХО или их перепрофилированию.

Методика включает:

— систему критериев оценки целесообразности и приоритетности включения опасного химического объекта в план ликвидационных мероприятий;



Таблица 2

**Результаты расчета показателя приоритетности мероприятий  
по рекультивации территории бывшего ОАО «Средне-Волжский завод химикатов» (г. Чапаевск)**

№ п/п	Показатель	Результат оценки	
		Характеристика ИХО	Баллы с учетом коэффициента значимости показателя
1	Класс опасности веществ. Наличие веществ I—II класса опасности	Наличие высокотоксичных и токсичных веществ	<b>10</b>
2	Класс опасности объекта (в соответствии с законом № 116-ФЗ от 20.06.1997)	Объект I класса опасности	<b>10</b>
3	Площадь объекта загрязнения	263	<b>8</b>
4	Подтверждение загрязнения объектов окружающей природной среды источником химической опасности	Существует опасность загрязнения компонентов ОПС	<b>8</b>
5	Близость к населенным пунктам	До 3 км включительно	<b>6</b>
6	Близость к водным объектам	До 1 км включительно	<b>6</b>
7	Расположение объекта на территории со специальным режимом осуществления хозяйственной и иной деятельности, а также имеющей особое природоохранное значение	Не расположен	<b>0</b>
8	Численность населения в близлежащем от объекта населенном пункте	72,6 тыс. человек	<b>6</b>
9	Наличие загрязненных зданий и сооружений, технологического оборудования	Есть загрязненные здания и оборудование	<b>4</b>
10	Характеристика объекта размещения отходов	Открытая площадка	<b>2</b>
11	Наличие системы охраны и системы обеспечения безопасности ОПО	Отсутствует	<b>2</b>
12	Наличие и степень проработанности технологии ликвидации объекта	Есть эффективная технология ликвидации объекта	<b>2</b>
	<b>Итоговая сумма баллов с учетом коэффициентов значимости показателя</b>		<b>64</b>

— анкеты для экспертной оценки приоритетности объекта;

— рекомендации по формированию группы экспертов для проведения оценки объектов;

— алгоритм формирования обобщенного индекса приоритетности объекта.

На основе представленной выше системы критериев разработана анкета для оценки целесообразности и приоритетности ИХО. В нее включены два столбца, в которые заносятся конкретные значения показателей и соответствующие им оценки в баллах, а также строка с итоговой оценкой объекта.

Разработан алгоритм определения приоритетности источника химической опасности, в соответствии с которым оценка целесообразности и приоритетности объектов проводится группой экспертов.

Оценка каждого показателя для рассматриваемого объекта определяется умножением назначенного балла на повышающий коэффициент. Сумма баллов по всем показателям дает итоговую оценку объекта, на основе которой определяются его приоритетность и целесообразность включения в план ликвидационных мероприятий ФЦП.

По результатам анкетирования объекты (источники химической опасности) ранжируются по степени опасности и необходимости принятия неотложных мер по приведению объектов химической опасности в безопасное состояние (в порядке убывания итоговой суммы баллов).

Группа экспертов отбирает на основе полученного ряда объекты для включения в план первоочередных мероприятий ФЦП. В первую очередь включаются в план мероприятий ФЦП те объекты, которые по сумме показателей набирают наибольшее число баллов с учетом коэффициентов значимости.

Опасный объект может представлять собой группу источников химической опасности (например, несколько зданий или несколько шламонакопителей). Показатели приоритетности рассчитываются для каждого ИХО, а затем вычисляется средний балл, характеризующий оцениваемый объект в целом.

В качестве примера формирования оценки показателя приоритетности опасного химического объекта рассмотрим территорию бывшего ОАО "Средне-Волжский завод химикатов" (г. Чапаевск).

На объекте располагаются: разрушенные и полуразрушенные здания, в которых ранее размещались производства токсичных веществ, площадью 5,8 га и действующие производственные объекты (административные здания, действующие инженерные сети) — 204 здания и сооружения; шламонакопитель и отстойники, в которых размещаются токсичные отходы и сточные воды химических производств, общей площадью 20,5 га.

Объект расположен в непосредственной близости к г. Чапаевску, численность населения которого, по данным Самарского областного управления статистики, составила в 2011 г. 72,6 тыс. чел.

В 30 м от границ шламонакопителя объекта протекает река Чапаевка, которая впадает в Саратовское водохранилище.

Источники химической опасности, расположенные на территории объекта, оказывают негативное воздействие на окружающую природную среду:

— отмечено повышенное содержание в почве диоксинов, тяжелых металлов, ртути;

— ветровая эрозия сопровождается образованием пыли и выносом экотоксикантов в воздушный бассейн;

— водная эрозия приводит к загрязнению подземных вод и грунтов токсичными веществами;

— наблюдается загрязнение прилегающего к объекту рельефа и попадание токсичных веществ в реку Чапаевку из шламонакопителей во время паводков.

Негативное воздействие объекта на ОПС приводит к ухудшению качества среды обитания и отрицательно влияет на здоровье населения г. Чапаевска. На основе данных экологических, медико-

биологических и санитарно-гигиенических исследований заполнена анкета и рассчитан показатель приоритетности мероприятий по рекультивации территории данного объекта (табл. 2).

В результате расчета получена итоговая оценка приоритетности объекта, близкая к ее предельному значению (64 балла).

Результаты расчета свидетельствуют о высокой степени опасности объекта и необходимости проведения первоочередных мероприятий по ликвидации источников химической опасности и рекультивации территории объекта.

#### Список литературы

1. **Методические рекомендации** по проведению инвентаризации объектов накопленного экологического ущерба [Электронный ресурс]: утв. приказом Росприроднадзора от 25 апреля 2012 г. № 193 // Справочно-правовая система "Консультант Плюс".
2. **ГОСТ Р 54003—2010**. Национальный стандарт Российской Федерации. Экологический менеджмент. Оценка прошлого накопленного в местах дислокации организаций экологического ущерба. Общие положения. — Введен 2010-30-11. — М.: Стандартиформ — 2011. — 27 с.
3. **Методика** "Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия": утв. Министерством природных ресурсов Российской Федерации 30 ноября 1992 года. — М.: Из-во ВНИИ Природа. — 1993.
4. **СанПиН 2.1.7.1287—03**. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (с изменениями от 25 апреля 2007 г.). — М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России. — 2007. — 9 с.
5. **ГОСТ 17.4.1.02—83**. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. — Введен 1985-01-01 — М.: Издательство стандартов. — 1985. — 3 с.

**T. N. Shvetzova-Shilovskaya**, Head of Department, e-mail: dir@gosniiohkt.ru,  
**O. V. Polekhina**, Leading Researcher, **E. N. Glukhan**, Head of Department,  
**A. A. Afanasyeva**, Head of Department, **M. V. Korolkov**, Head of Department,  
**A. U. Orlov**, Head of Department, **V. A. Potapkin**, Head of Department, The State  
 Scientific Research Institute of Organic Chemistry and Technology, Moscow

## Methodology for Ranking of the Dangerous Chemical Objects in Order to Determinate Priority Measures for Reducing in Chemical Hazard

*The former production facilities, abandoned landfills of industrial and household waste, storage of unusable pesticides are sources of chemical hazards. These objects have a negative impact on environment and on the population.*

*Development methods of an assessment of dangerous chemical objects which will allow to receive an objective assessment of risk level of the former production facilities, and to estimate its readiness for liquidation activities is an important and actual task.*

*The purpose of this article is to justify the criteria to assess the sources of chemical hazards and develop methodology for ranking of the dangerous chemical objects in order to determinate priority measures for reducing in chemical hazard. The developed methodology for ranking of the dangerous chemical objects was used to assess the risk level of the former production facility "Mid-Volga chemical plant" (the town of Chapaevsk, Samara region).*

*The results of the evaluation indicate a high degree of danger of this object, and also need of carrying out priority measures on its destruction and recultivation of the territory of object.*



**Keywords:** former production facilities, liquidation activities, dangerous chemical objects, sources of chemical hazard, criteria of an assessment of chemical hazard, recultivation of the territory, landfills, environmental pollution

#### Refereces

1. **Metodicheskie rekomendacii** po provedeniju inventarizacii ob'ektov nakoplennoho jekologicheskogo ushherba [JElektronnyj resurs]: utv. prikazom Rosprirodnadzora ot 25 aprelja 2012 g. N. 193. *Spravochno-pravovaja sistema "Kon-sul'tant Pljus"*.
2. **GOST R 54003—2010.** Nacional'nyj standart Rossijskoj Federacii. Jekologicheskij menedzhment. Ocenka proshlogo nakoplennoho v mestah dislokacii organizacij jekologicheskogo ushherba. Obshhie polozenija. Vveden 2010-30-11. M.: Standartinform, 2011. 27 p.
3. **Metodika** "Kriterii ocenki jekologicheskoi obstanovki territorij dlja vyjavlenija zon chrezvychajnoj jekologicheskoi situacii i zon jekologicheskogo bedstvija": utv. Ministerstvom prirodnyh resursov Rossijskoj Federacii 30 nojabrja 1992 goda. M.: Iz-vo VNII Priroda, 1993.
4. **SanPiN 2.1.7.1287—03.** Sanitarno-jepidemiologicheskie trebovanija k kachestvu pochvy. Sanitarno-jepidemiologicheskie pravila i normativy (s izmenenijami ot 25 aprelja 2007 g.). M.: Informacionno-izdatel'skij centr Goskomsanjepidnadzora Rossii. 2007. 9 p.
5. **GOST 17.4.1.02—83.** Ohrana prirody. Pochvy. Klassifikacija himicheskikh veshhestv dlja kontrolja zagrjaznenija. Vveden 1985-01-01. M.: Izdatel'stvo standartov. 1985. 3 p.

УДК 504.06:656.2

**В. А. Финоченко**, д-р техн. наук, проф. кафедры, декан, e-mail: fin@rgups.ru,  
**Т. А. Финоченко**, канд. техн. наук, нач. НПЦ, Ростовский государственный университет путей сообщения

## Технологии экологического мониторинга на Российских железных дорогах

*Рассмотрена природоохранная политика на Российских железных дорогах, вопросы совершенствования системы экологического мониторинга путем обоснования, разработки и внедрения передвижных измерительно-вычислительных комплексов экоаналитического контроля на базе вагонов-лабораторий.*

**Ключевые слова:** экологический мониторинг, измерительно-вычислительный комплекс экоаналитического контроля, железнодорожный транспорт

### 1. Природоохранная политика на Российских железных дорогах

В последние годы для совершенствования природоохранной деятельности ОАО "Российские железные дороги" разработало концепцию и ряд программных документов, в которых декларируется основная цель — забота о благополучии природной среды и здоровье людей [1].

Направления компании в области природоохранной деятельности заключаются:

— во внедрении инновационных технологий, обеспечивающих охрану атмосферного воздуха, водных ресурсов и снижение выбросов парниковых газов и шумового воздействия;

— в повышении использования и обезвреживания отходов производства;

— в проведении экологического мониторинга и совершенствовании системы управления природоохранной деятельностью.

На настоящий момент следует констатировать, что доля ОАО "РЖД" в загрязнении окружающей среды по выбросам вредных веществ в атмосферу, сбросу загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты, образованию отходов составляет менее 1 %. Этим подтверждается тезис, что железнодорожный транспорт с экологической точки зрения является наиболее безопасным.

Техническое перевооружение компании, обеспечивающее снижение негативного воздействия на окружающую среду, заключается в проведении:

— капитального ремонта тепловозов с заменой устаревших двигателей на современные, более экологически чистые;

— капитального ремонта пути с заменой деревянных шпал на экологически чистые железобетонные или на деревянные шпалы, пропитанные безопасными с экологической точки зрения антисептиками;

— перевода котельных на экологически чистые виды топлива и внедрение пылегазоулавливающего оборудования;

— внедрения новых систем отопления помещений и водосберегающих технологий, систем обратного водоснабжения, нормирования и приборного учета водопотребления.

В Ростовском государственном университете путей сообщения ведутся научно-исследовательские работы по всем направлениям природоохранной деятельности компании. В данной работе рассматриваются вопросы разработки и совершенствования технологий экологического мониторинга на железнодорожном транспорте.

## 2. Экологический мониторинг

Классическим подходом к определению структуры системы мониторинга окружающей среды является его разделение на наблюдение, оценку фактического состояния и ее прогноза [2, 3]. Исходя из этого, роль и место мониторинга в системе управления охраной окружающей среды можно представить в виде, приведенном на рис. 1.

Под влиянием загрязнения, связанного с производственной деятельностью, окружающая среда изменяет свое состояние. При этом система мониторинга позволяет контролировать переход окружающей среды из начального состояния в текущее, обобщая, анализируя и оценивая фактическое и прогнозируемое состояние. Стрелки на рис. 1 показывают информационные связи. Информация передается в блок системы управления, и на ее основе принимаются меры по ограничению или прекращению антропогенных воздействий.

В связи с тем что оценка фактического и прогнозируемого состояния окружающей среды является составной частью мониторинга, можно идентифицировать эту часть мониторинга с системой управления. При этом следует учитывать, что контроль и мониторинг окружающей среды должны включать наблюдения за источниками и факторами антропогенного воздействия.

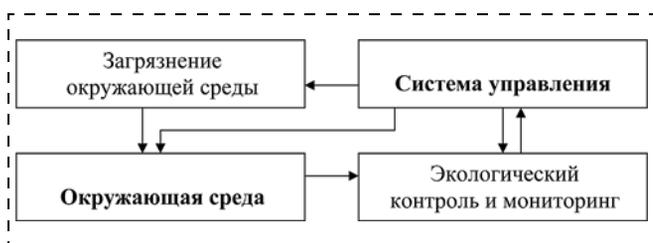


Рис. 1. Роль и место мониторинга в системе управления

## 3. Система экологического мониторинга на железнодорожном транспорте

Изложенные выше теоретические подходы реализованы в существующей и постоянно развивающейся системе экологического мониторинга и контроля железнодорожного транспорта. Основываясь на них, построена экоиформационная система железнодорожного транспорта (рис. 2) [4].

Информационная система экологического контроля и мониторинга на железнодорожном транспорте является составной частью системы управления, так как информация о состоянии окружающей среды и тенденциях ее изменения лежит в основе разработки мероприятий по ее охране и учитывается при планировании. Результаты оценки существующего и прогнозируемого состояния окружающей среды дают возможность уточнить требования к подсистеме наблюдений, что составляет научное обоснование мониторинга, его структуры, состава и методов наблюдений.

В соответствии с существующими требованиями предприятия отрасли ведут контроль технологических процессов, оказывающих неблагоприятное воздействие на окружающую среду, при этом экологический контроль осуществляется следующими методами:

— инструментальным, основанным на применении автоматических аналитических средств, непрерывно измеряющих концентрации загрязняющих веществ;

— инструментально-лабораторным, основанным на отборе проб из контролируемых источников с последующим анализом в экологической лаборатории;



Рис. 2. Экоиформационная система железнодорожного транспорта



— индикаторным, основанным на использовании селективных индикаторных элементов, изменяющих свою окраску в зависимости от концентрации загрязняющих веществ в отобранной пробе;

— расчетным.

В настоящее время экологический контроль и мониторинг на железнодорожном транспорте осуществляется:

— производственными экологическими лабораториями;

— передвижными экологическими лабораториями (экологическими вагонами-лабораториями, лабораториями на автомобильном ходу);

— пунктами экологического контроля локомотивных депо.

Следует отметить, что хорошо оснащенные экологические лаборатории имеются далеко не везде, и решение данной проблемы возможно с помощью мобильных экоаналитических лабораторий, размещенных на передвижных средствах (автомобилях, вагонах и т. п.). При этом наиболее выигрышным вариантом для железнодорожного транспорта является вагон, переоборудованный под передвижную экологическую лабораторию, включающую измерительно-вычислительный комплекс.

К преимуществам такой схемы экоаналитического контроля следует отнести то, что эффективно и рационально используются дорогостоящее оборудование, приборы, специфические реактивы и высококвалифицированные специалисты.

В результате можно констатировать, что в настоящее время создана система экологического мониторинга и контроля ОАО "РЖД", к основным недостаткам которой следует отнести невысокую оснащенность лабораторий площадями, современной лабораторной, компьютерной техникой и новейшими экоинформационными технологиями.

#### 4. Передвижные измерительно-вычислительные экоаналитические комплексы

Передвижной измерительно-вычислительный экоаналитический комплекс, базирующийся на вагоне, является наиболее выигрышным вариантом мобильной экологической лаборатории для железнодорожного транспорта [4, 5]. К преимуществам такого комплекса можно отнести:

— мобильность и возможность оперативной обработки результатов;

— большую полезную площадь (в сравнении с другими мобильными эколабораториями) и автономную систему энергоснабжения;

— комфортные условия для проведения исследований в условиях экспедиции;

— возможность проводить профилактические работы по ремонту вагона-лаборатории отраслевыми силами.

С помощью вагона-лаборатории можно определить масштабы загрязнения жизнеобеспечивающих сред на промышленных предприятиях, а также проводить экологическую экспертизу городов,

Контролируемые показатели

Контролируемые показатели	Воздух	Вода	Почва
<b>Химические факторы</b>			
Азота окислы	x	—	—
Азота диоксид	x	—	—
Алюминий	—	x	—
Аммиак	x	—	—
Ацетон	x	—	—
Бензин	x	—	—
Бензол	x	—	—
Биохимическое потребление кислорода (БПК)	—	x	—
Бутанол	x	—	—
Взвешенные вещества	—	x	—
Водородный показатель	—	x	x
Дымность (сажа)	x	—	—
Железо общее	x	x	—
Керосин	x	—	—
Ксилол	x	—	—
Марганец	x	x	x
Медь	x	x	x
Метанол	x	x	—
Молибден	—	x	—
Нефтепродукты	—	x	x
Никель	x	x	x
Нитраты	—	x	—
Нитриты	—	x	—
ПАВ	—	x	—
Свинец	x	x	x
Сероводород	x	—	—
Серы диоксид	x	—	—
Стирол	x	—	—
Сульфиды	—	x	—
Сухой остаток	—	x	—
Толуол	x	—	—
Трихлорэтилен	x	—	—
Уайт-спирит	x	—	—
Углеводороды (по гексану)	x	—	—
Углерода оксид	x	—	—
Углерода диоксид (%)	x	—	—
Уксусная кислота	x	—	—
Фенол	x	x	—
Формальдегид	x	x	—
Фтористый водород	x	—	—
Хлор	x	—	—
Хром	x	x	x
Этанол	x	—	—
<b>Физические факторы</b>			
Температура	x	x	—
Давление	x	—	—
Влажность	x	—	—
Скорость потока	x	—	—
Электростатические поля	x	—	—
Напряженность:			
электрического поля	x	—	—
магнитного поля	x	—	—
Уровень звука	x	—	—
Виброускорение	x	—	—

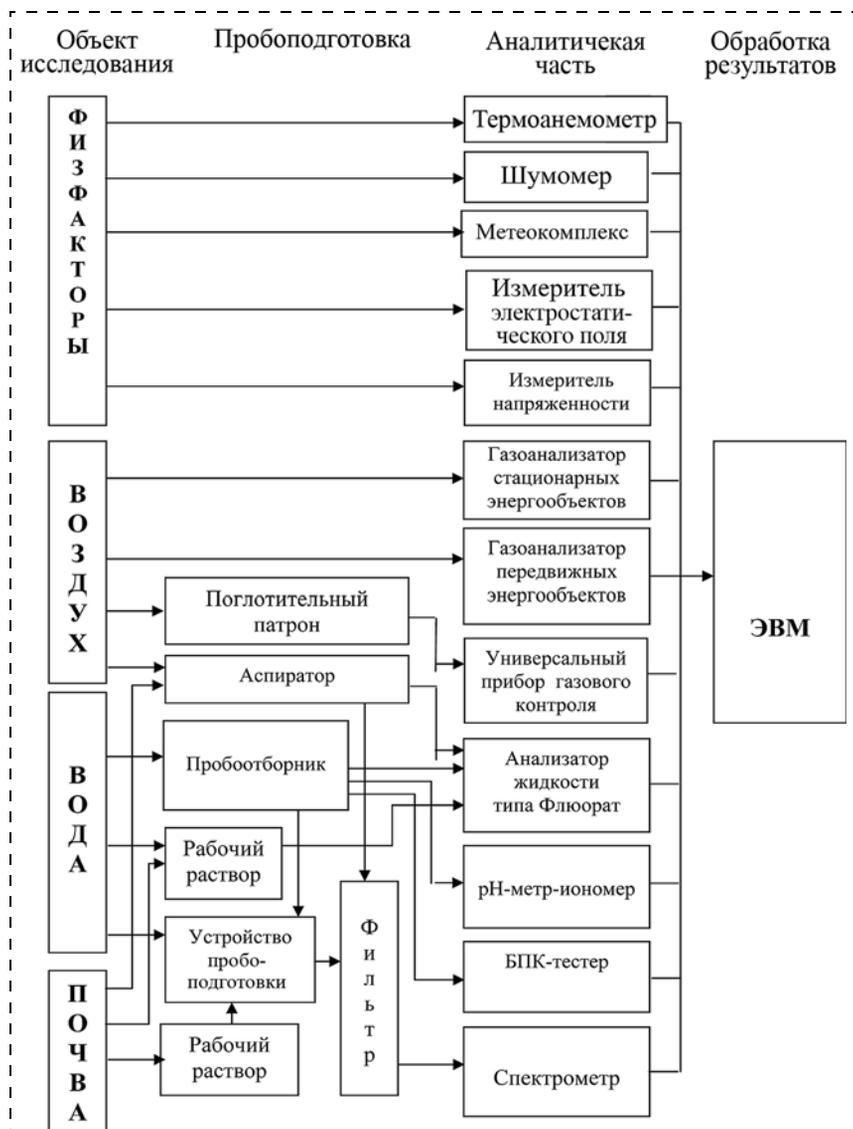


Рис. 3. Схема измерительно-вычислительного комплекса экоаналитического комплекса

административных районов, федеральных округов. Этот комплекс предназначен для:

- контроля состава и количества загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, воздухе рабочей зоны, промышленных выбросах от стационарных и передвижных источников;
- определения содержания загрязняющих веществ в природных и сточных водах, в почвах и донных отложениях;
- определения физических факторов загрязнения окружающей среды;
- оперативной оценки и анализа экологических последствий на месте аварий и катастроф;
- проведения экологической экспертизы и паспортизации предприятий.

Кроме того, применение передвижного измерительно-вычислительного экоаналитического ком-

плекса на базе вагона-лаборатории с гибко изменяемой конфигурацией аналитического оборудования обеспечивает возможность проведения оперативной оценки экологической ситуации на различных техногенных объектах и анализ загрязнения окружающей среды после чрезвычайных ситуаций. Перечень контролируемых показателей приведен в таблице.

Опираясь на методологию оптимального выбора приборной техники, объединяющую достижения фундаментальной аналитической химии и практический опыт работы экологических лабораторий, была разработана схема измерительно-вычислительного экоаналитического комплекса (рис. 3) [4, 5]. Данная функциональная схема с гибко изменяемой конфигурацией аналитического оборудования позволяет проводить определение концентраций двумя способами:

- путем доставки экспресс-анализаторов на обследуемый объект (индикаторный и инструментальный методы);

- путем отбора проб с последующей транспортировкой их к приборам, расположенным на экологическом вагоне-лаборатории (инструментально-лабораторный метод).

В комплексе системно объединены экоаналитические приборы, программно-математическое обеспечение, средства метрологического обеспечения и методики проведения анализа.

Экоаналитическое оборудование измерительно-вычислительного комплекса выпускается ведущими отечественными приборостроительными фирмами и базируется на следующих методах: спектролюминесцентном, спектрофотометрическом, спектрометрии рентгеновского излучения, К-спектрометрическом, потенциометрическом, индикаторном, аналогоцифровом преобразовании и цифровой фильтрации электрического сигнала. Учитывая специфику работы железнодорожного транспорта, приборы подбирались в портативном, вибро- и помехозащищенном исполнении, т. е. они должны быть устойчивы к внешним воздействиям.

При проектировании экологического вагона-лаборатории использовалась методология, позволяющая оптимизировать планировку вагона-лаборатории, учитывающая технологическую специфику

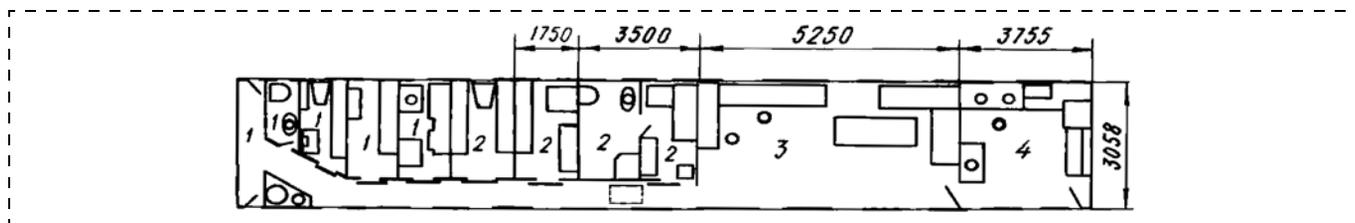


Рис. 4. Планировка экологического вагона-лаборатории:

1 — служебные помещения; 2 — жилые помещения; 3 — зал обработки информации; 4 — химическая лаборатория

аналитического контроля (отбор проб → приемка и пробоподготовка → аналитическая часть → обработка информации), эргономические требования и возможности экоаналитической и измерительно-вычислительной техники. На основании предложенной методологии реализована планировка вагона-лаборатории (рис. 4), предусматривающая химическую лабораторию, измерительно-вычислительный зал, жилые и служебные помещения.

В химической лаборатории и зале обработки информации были разработаны и реализованы оригинальные конструктивные решения по оптимальному размещению специальной лабораторной мебели повышенной гибкости на основе модульной структуры, обеспечивающей безопасность и удобное обслуживание экоаналитической техники.

Система энергоснабжения вагона-лаборатории имеет возможность подключения к стационарному или автономному источнику электроэнергии для обеспечения функционирования систем и аппаратуры измерительно-вычислительного комплекса экоаналитического контроля. При отсутствии внешнего электропитания вагон-лаборатория оснащен переносной дизель-генераторной установкой.

## 5. Заключение

В данной работе рассмотрены вопросы построения отраслевой системы экологического

контроля и мониторинга с акцентом на создание мобильных лабораторий, обоснована разработка передвижных экоаналитических лабораторий на базе вагона.

При разработке передвижного измерительно-вычислительного комплекса экоаналитического контроля использовалась методология, позволившая оптимизировать планировку вагона-лаборатории с учетом технологической специфики аналитического контроля (приемка и пробопреобразование — аналитическая часть — обработка экоинформации), эргономических требований и возможностей экоаналитической и измерительно-вычислительной техники.

## Список литературы

1. Гапанович В. А. Программа научно-технического развития ОАО "РЖД" // Железнодорожный транспорт. — 2007. — № 2. — С. 2–6.
2. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. — М.: Гидрометеиздат, 1984. — 560 с.
3. Панфилов А. Е. Мониторинг среды обитания человека // Безопасность жизнедеятельности. — 2004. — № 2. — Приложение. — 16 с.
4. Финоченко В. А. Экологический мониторинг на Российских железных дорогах // Фундаментальные исследования. — № 6. — 2004. — С. 92–93.
5. Финоченко В. А. Экозащитные технологии на железнодорожном транспорте: Монография. — Ростов н/Д: РГУПС, 2009. — 111 с.

V. A. Finochenko, Professor of Chair, e-mail: fin@rgups.ru,

T. A. Finochenko, Head of Department, Rostov State Transport University

## Technologies of Ecological Monitoring on Russian Railways

*The nature protection policy on Russian railways and the problems of construction of branch system of ecological control and monitoring is considered in the article. The railway ecological information system is shown.*

*Currently the divisions which are carrying out control and monitoring are: points of ecological control in repair locomotive depots, industrial and mobile ecological laboratories (on the basis of carriages and motor cars). In this part of work the expediency of working out mobile ecological analytical laboratories on the basis of a carriage is proved, and advantages of this approach are presented.*

*All the problems and the list of controllable indicators of environment together with the scheme of mobile measuring and computing ecological analytical complex and the lay-out of the ecological carriage-laboratory are pre-*

sented in the work. The complex is a system combination of ecological analytical devices, program software, and means of metrological maintenance and technique of carrying out analyses.

When working out of the mobile measuring and computing complex of ecological analytical control the methodology allowing the optimization of the lay-out of the carriage-laboratory taking into account the technological specificity of analytical control (sampling and sample preparation — analytical part — processing of ecological information), ergonomic requirements and performance capabilities of ecological analytical and measuring and computing equipment and hardware.

**Keywords:** ecological control and monitoring, railway transportation, mobile measuring and computing ecological analytical complex, ecological carriage-laboratory

#### References

1. **Gapanovich V. A.** Programma nauchno-tehnicheskogo razvitiya OAO "RZhD". *Zheleznodorozhnyj transport*. 2007. N. 2. P. 2—6.
2. **Izrajel' Ju. A.** Jekologija i kontrol' sostojanija prirodnoj sredy. M.: Gidrometeoizdat, 1984. 560 p.
3. **Panfilov A. E.** Monitoring sredy obitanija cheloveka. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*. 2004. N. 2. Prilozhenie. 16 p.
4. **Finochenko V. A.** Jekologicheskij monitoring na Rossijskih zheleznyh dorogah. *Fundamental'nye issledovanija*. 2004. N. 6. P. 92—93.
5. **Finochenko V. A.** Jekozashhitnye tehnologii na zheleznodorozhnom transporte: Monografija. Rostov n/D: RGUPS, 2009. 111 p.

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ECOLOGICAL SAFETY

УДК 628.316

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

### Экологические аспекты жизнедеятельности — основа технического прогресса в очистке сточных вод автономных систем канализации

Приведены основные этапы развития сооружений для очистки малых количеств хозяйственно-бытовых сточных вод. Общее направление эволюции "малой канализации" отражает возникновение и развитие экологической составляющей в социальных критериях качества жизни населения и, как следствие, мотивацию технического прогресса в этой области. Рассмотрены особенности применения накопительных емкостей, септиков, двухъярусных отстойников, биологических и физико-химических сооружений очистки сточных вод. Современное состояние технологии очистки сточных вод определяется как этап комбинирования и зонированного совмещения технологий в очистных сооружениях. Благодаря комбинированным технологическим процессам, применению современных материалов и совершенству конструктивных решений современные установки, предназначенные для очистки сточных вод малых населенных мест и жилых объектов, обеспечивают достижение требований к очищенным водам. Это позволяет сбрасывать очищенные сточные воды в хозяйственно-питьевые водоемы с соблюдением установленных норм.

**Ключевые слова:** хозяйственно-бытовые сточные воды, очистка сточных вод, технологические задачи, технологический процесс, зонированное совмещение, биофильтр, аэротенк, еришная биоагрузка

#### Введение

Вода — источник жизни в каждом доме, ею человек утоляет жажду и с ее помощью наводит чистоту в доме. В то же время выходит вода из человеческого жилища опасной для всего живого мира! Как же сохранить этот источник жизни в совре-

менных условиях локализации факторов антропогенного давления на природу?

В настоящее время большинство городов и многие поселки имеют централизованную систему водоотведения, к которой подключены здания и другие объекты, эксплуатируемые человеком. Сточные воды, поступая в канализационную сеть,



собираются со всего поселения и централизованно направляются на очистные сооружения. Такой метод отведения и очистки сточных вод является самым предпочтительным и наиболее контролируемым с точки зрения качества восстановления чистоты воды и защиты водоемов. В технологических процессах централизованных очистных сооружений применяются высокоэффективные методы и устройства извлечения загрязняющих веществ, такие как решетки, песколовки, отстойники, аэротенки, а очищенная вода после таких сооружений обязательно проходит этап обеззараживания. Образующиеся в процессах очистки воды отходы (осадки) обезвоживаются, стабилизируются и могут утилизироваться, например, в агротехнологиях. Применять же такие методы очистки для небольших объемов сточных вод нерационально и экономически не выгодно. Часть оборудования не может работать на маленьких притоках сточных вод.

Иногда стоимость прокладки трубопровода водоотведения до централизованных очистных сооружений или стоимость подключения к ним оказывается столь высока, что оправданным представляется использование малых очистных сооружений, которые будут обеспечивать очистку воды непосредственно вблизи объекта. Такие устройства эксплуатируются достаточно давно. Их эволюция показана на рис. 1.

Именно так называемая малая канализация, территориально приближенная к жилищу человека, формирует социальную потребность в ее совершенствовании. Не менее важная, хотя не очевидная для социума, необходимость совершенствования системы — санитарная безопасность жизнедеятельности. Поэтому общее направление эволюции "малой канализации" отражает возникновение и развитие экологической составляющей в социальных критериях качества жизни населения и, как следствие, мотивацию технического прогресса в этой области. Хронологически по настоящее время технологические задачи очистки сточных вод формулировались так: *уменьшение объемов вывозимых отходов* → *улучшение общих показателей очищенной воды* → *уменьшение запахов в зоне размещения устройств* → *улучшение санитарного состояния прилегающей территории* → *улучшение специальных показателей очищенной воды, ее обеззараживание и типизация осадков на месте*.

Началом развития устройств очистки можно считать непроточный накопительный резервуар (см. рис. 1, поз. 1) с периодической откачкой и вывозом содержимого в специально отведенные места. Это сооружение позволяет достаточно просто выводить жидкие отходы за пределы жилища. Однако создает санитарные и экологические проблемы на

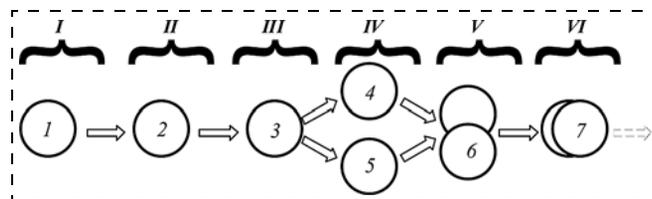


Рис. 1. Эволюция сооружений для очистки малых количеств (до 2 м<sup>3</sup>/сут) сточных вод:

I...VI — этапы развития сооружений; 1 — накопительный резервуар; 2 — септик; 3 — двухуровневый отстойник; 4 — аэрационные сооружения; 5 — физико-химические сооружения; 6 — комбинированные (модульные) сооружения; 7 — комбинированные зонированные сооружения

прилегающей территории. В технологическом отношении накопительный резервуар не позволяет решить ни одну из сформулированных задач.

**Септики** (см. рис. 1, поз. 2) — это следующий этап, с которого начинается эволюция проточных очистных сооружений (рис. 2).

Конструктивно септик представляет собой резервуар, разделенный перегородками, образующими последовательность естественных технологических ступеней очистки сточных вод, в которых под действием силы тяжести нерастворенные вещества тяжелее воды выпадают в осадок (песок, мусор, органика), а вещества легче воды — всплывают на ее поверхность (жиры, масла, нефтепродукты).

Септики не нуждаются в электричестве и работают абсолютно автономно, но не обеспечивают должное качество очистки. В настоящее время воду после септиков нельзя утилизировать без дополнительной очистки. Эксплуатация септика обычно необременительна: нет ограничений по сбросу в канализацию бытовых отходов, туалетной бумаги и прочего мусора, по пользованию посудомоечными и стиральными машинами.

Надо принять во внимание то, что в бытовых сточных водах минеральных веществ содержится около 42 % (от общего количества загрязняющих веществ), органических — около 58 %; осаждающиеся взвешенные вещества составляют 20 %, суспензии — 20 %, коллоиды — 10 %, растворимые вещества — 50 %.

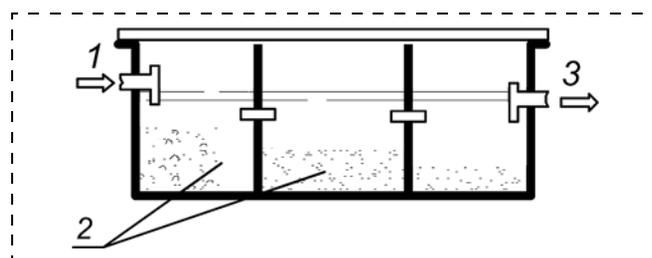


Рис. 2. Схема устройства септика:

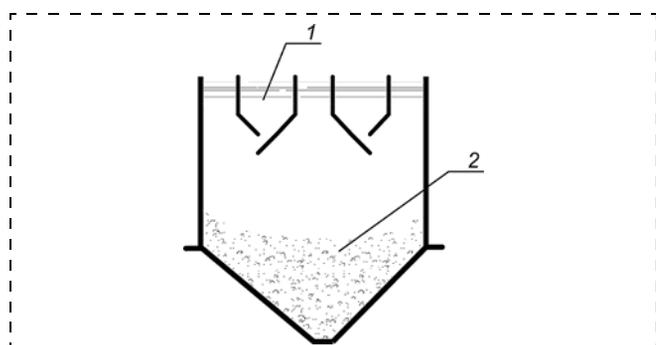
1 — поступление сточных вод; 2 — проточные септические камеры; 3 — отведение сточных вод

Внутри септика самопроизвольно размножаются штаммы бактерий — анаэробы, которым в процессе жизнедеятельности не нужен кислород, находящийся в воздухе [1]. Уникальная приспособляемость позволяет им добывать кислород, необходимый для жизнедеятельности, из органической массы, которая находится в отстойнике в виде выпавшего осадка и взвешенных веществ в толще воды. В процессе жизнедеятельности микроорганизмы выделяют мельчайшие пузырьки метана, диоксида углерода и сероводорода. Всплывая на поверхность, пузырьки газов увлекают за собой загрязняющие вещества и ил, образуя плотную корку, препятствующую растворению в воде кислорода из воздуха. В силу этого анаэробы не способны осуществить полную очистку сточных вод, непрерывно поступающих в септик. Они разлагают органические вещества только до жирных кислот, не успевая разложить их до метана и углекислоты.

Технологически септик представляет собой проточный разделительный биореактор с совмещенной зоной разделения и биодеструкции загрязняющих веществ. Вода после таких сооружений, даже при условии правильного расчета объема септика по отношению к стоку, выходит мутной, с неприятным запахом, но при этом не содержащей крупных механических и органических примесей. Такую воду принято называть осветленным (или серым) стоком.

Накапливающийся в септике осадок частично разлагается анаэробными микроорганизмами в течение 6—12 месяцев и подлежит откачке. При эксплуатации септиков возможно "вскипание" бродящей массы осадка и излив на прилегающую территорию. Таким образом, применение септиков решает только одну технологическую задачу — уменьшение объемов вывозимых отходов.

Частичное решение второй задачи — улучшение качества очищенной воды — было частично реализовано в **двухъярусных отстойниках** (см. рис. 1, поз. 3)



**Рис. 3. Схема устройства двухъярусного отстойника:**  
1 — проточные лотки сточных вод; 2 — непроточная септическая камера осадка

путем разделения проточной (аэробной) и накопительной (анаэробной) частей (рис. 3).

Технологически двухъярусный отстойник представляет проточный резервуар с разделением зон осветления воды и разложения загрязняющих веществ.

Поступающие сточные воды проходят по лоткам небольшой глубины, что способствует быстрому освобождению их от оседающих веществ, и не вступают в соприкосновение с бродящей массой выпавшего осадка. Достоинство конструкции состоит также в том, что при залповых сбросах сточных вод не происходит взмучивание и вынос осадка, а для работы сооружения не требуется дополнительная энергия. К недостаткам двухъярусных отстойников относят выход газов брожения за пределы сооружения, недостаточное удаление коллоидных и растворенных органических примесей.

Устранение выделения газов брожения, вскипания бродящей массы осадка и повышение эффективности очистки воды от органических загрязняющих веществ могло быть достигнуто двумя принципиально разными путями:

- заменой анаэробного сбраживания в общей емкости с обрабатываемой водой на аэробные процессы;
- применением физико-химических технологий вместо биологических.

По способу очистки воды эти технологии различаются принципиально. Аэробные биологические процессы приводят к деструкции органических веществ в объеме обрабатываемой воды, в то время как физико-химические процессы — к выделению их из обрабатываемой воды. Следует отметить, что обе технологии не могут осуществляться без использования дополнительной энергии.

**Аэрационные очистные сооружения** (см. рис. 1, поз. 4) — следующий этап эволюции сооружений "малой канализации". С развитием технологии получения полимеров, изобретением мембран для распыления воздуха и доступностью электрических мембранных компрессоров появилось третье поколение локальных очистных сооружений — *аэротенки*. Основной принцип работы данного типа очистных сооружений — очистка с помощью биоценозов, использующих для своей жизнедеятельности кислород, поступающий в обрабатываемую воду с воздухом. Аэробные биоценозы (аэробный активный ил) интенсивно окисляют органические соединения, содержащиеся в хозяйственно-бытовых сточных водах. Вода после таких очистных сооружений преимущественно не имеет запаха и цвета, но содержит повышенное содержание нитритов и нитратов.



Технологически аэротенк — проточный резервуар с постоянным перемешиванием, в котором сточная вода контактирует с активной биомассой (отметим, что малые аэротенки изготавливаются и "фабричным" способом, являясь "строго говоря" не сооружениями, а, скажем, аппаратами). Надо иметь в виду, что в условиях применения таких сооружений для частного домостроения степень очистки воды весьма нестабильна в силу высокой неравномерности поступления сточных вод от такого объекта. Дело в том, что активный ил, с помощью которого происходит очистка сточных вод, распределен в объеме очищаемой воды и с поступлением новых порций сточных вод в аэротенк постоянно вымываются из него. Должно пройти некоторое время, чтобы новая биомасса активного ила выросла до необходимой концентрации и стала способна очищать сток до требуемых нормативов.

К сожалению, практика показала, что в большинстве случаев при эксплуатации такого рода систем трудно достичь оптимального значения дозы ила и, как следствие, страдает качество очистки сточных вод. Подобные очистные сооружения не могут удалить фосфор из сточных вод, так как с помощью активного ила выделить его в очистном сооружении невозможно. Эксплуатировать такие сооружения, в отличие от септиков, надо с большими ограничениями: крупный мусор может повредить систему, вызвать засорение насосов, обеспечивающих работу установки. В них нельзя выбрасывать бумагу, предметы личной гигиены и крупные бытовые отходы. Ограничено также использование моющих веществ, так как большинство из них, попадая в сооружение, существенно нарушает технологический процесс, тем самым сильно ухудшая очистку сточных вод. Для работы такого рода систем обязательно использование электричества. В большинстве случаев при его отключении пользоваться очистным сооружением надо прекратить немедленно, так как большинство подобных конструкций не позволяет воде свободно пройти сквозь очистное сооружение. Некоторые модели аэрационных сооружений имеют систему аварийных переливов, и при отключении электроэнергии сточные воды транзитом проходят сооружение без какой-либо очистки. К недостаткам эксплуатации такого типа систем надо также отнести высокую стоимость обслуживания.

К этому же этапу относят и **физико-химические сооружения** (см. рис. 1, поз. 5).

Принципиально, компактные установки с использованием физико-химических процессов, например, таких, как флотация, флокуляция, коагуляция, сорбция и их электрохимические модификации, позволяют достичь заданное качество очистки сточных вод. Как правило, сооружения физико-химиче-

ской очистки сточных вод предваряются звеном механической очистки: процеживатели, пескоуловители и первичные отстойники, устройства для извлечения отбросов и грубодисперсных примесей. Подготовленная таким образом вода далее подвергается коагулированию с последующим отделением вторичных осадков. Однако широкого распространения такие установки не получили вследствие потребности в разнообразных расходных материалах, электроэнергии и получении осадков, содержащих остатки химических реагентов, оксиды металлов и другие вещества, затрудняющие их последующую утилизацию.

Аэрационные и физико-химические очистные сооружения в целом решали такие технологические задачи, как *уменьшение объемов вывозимых отходов, улучшение общих показателей очищенной воды, уменьшение запахов в зоне размещения устройств и частичное улучшение санитарного состояния прилегающей территории.*

Следующий этап эволюции компактных установок характеризовался совмещением преимуществ ранее применявшихся процессов с устранением их недостатков путем применения новых технологий и материалов. В ряде установок используются комбинации биологических процессов с физико-химическими.

Характерным примером комбинированного процесса очистки хозяйственно-бытовых сточных вод для малых объектов могут служить очистные сооружения, технологический процесс которых включает стадии механической очистки, реагентного осаждения, нитрификации на аэрируемых биофильтрах, каталитического окисления органических загрязняющих веществ и фильтрования [2, 3]. Основные показатели работы очистных сооружений, по данным работы [3], приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Показатели работы очистных сооружений по комбинированному технологическому процессу**

Показатели	Единицы измерения	Поступающие сточные воды	Очищенные сточные воды	Эффект очистки сточных вод, %
Взвешенные вещества	мг/л	$\frac{96...118}{104}$	$\frac{1,5...2,4}{1,8}$	98,3
БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /л	$\frac{85...136}{116}$	$\frac{2,1...2,8}{2,6}$	97,8
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/л	$\frac{8...12,5}{10,2}$	$\frac{0,09...0,18}{0,12}$	98,8
PO <sub>4</sub> <sup>3+</sup>	мг/л	$\frac{3,2...5,1}{4,1}$	$\frac{0,02...0,08}{0,06}$	98,5

Примечание. В знаменателе приведены наиболее вероятные значения показателей

Достаточно высокая эффективность очистки сточных вод на этих сооружениях достигнута последовательным прохождением воды через каскад емкостей, в которых осуществляются вышеуказанные процессы. Этот этап в эволюции очистных сооружений можно характеризовать как **период комбинирования специализированных модулей** (см. рис. 1, поз. б) в составе очистных сооружений. Отличительный признак комбинированных процессов этого этапа — конструктивное разделение технологий.

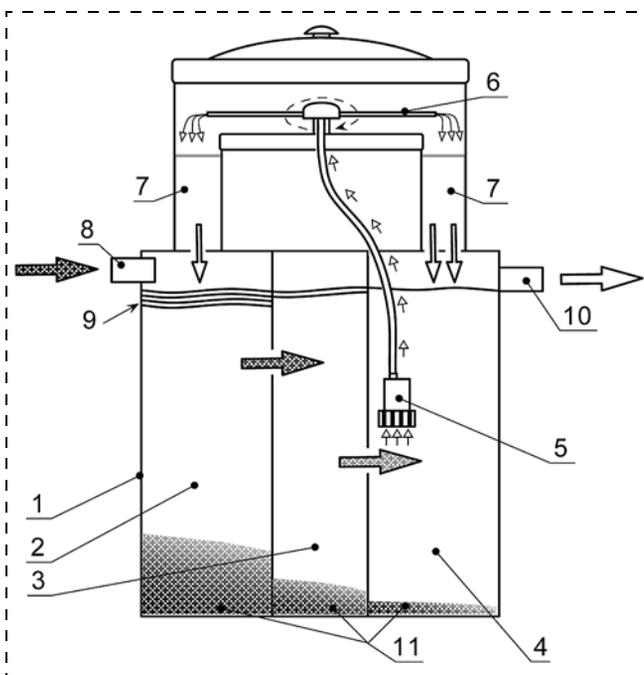
Очистные сооружения "малой канализации", построенные на основе этого вида комбинированных процессов, решают основные технологические задачи, однако достигается это чрезмерным усложнением их конструкции и удорожанием. Надежность процесса очистки воды обеспечивается сложной системой автоматического управления.

Нынешнее экологическое состояние окружающей среды объективно порождает тенденцию ужесточения требований к очищенной воде как для крупных населенных мест, так и для малых объектов. Поэтому развитие процессов очистки сточных вод в направлении увеличения числа технологических звеньев представляется неперспективным, тем более для малых, а во многих случаях автономных очистных сооружений.

Современный этап эволюции очистных устройств можно определить как этап **комбинирования и зонирования совмещения технологий в очистных сооружениях** (рис. 1, поз. 7). Принимая во внимание наличие в хозяйственно-бытовых сточных водах большого числа остатков "бытовой химии", а также жесткие требования к очищенной воде, решение основных технологических задач возможно только комбинированными процессами. При этом необходимо упрощение конструкций сооружений и повышение надежности их работы. Современные конструкции малых очистных сооружений отличает минимальное количество специализированных емкостей (модулей). Комбинирование технологических звеньев процесса осуществляется путем создания специализированных гидравлических зон внутри корпуса сооружения. Важное отличие процессов с зонированным совмещением технологий — *развитые внутренние возвраты и перегородки*.

В качестве примера рассмотрим компактные очистные сооружения "Alta Bio", которые конструктивно представляют собой отстойник-усреднитель, разделенный на несколько последовательно соединенных камер, с расположенным над ним биореактором (рис. 4).

Установка состоит из прочного пластикового корпуса 1, в котором располагаются трехкамерный отстойник с приваренной к его верхней части емкости



**Рис. 4. Схема комбинированной установки с технологическим зонированием "Alta Bio":**

1 — корпус установки; 2—4 — камеры отстойника; 5 — насос; 6 — ороситель; 7 — биофильтр с "ершовой" загрузкой; 8 — вход сточных вод; 9 — вещества легче воды; 10 — выход очищенной воды; 11 — осадок

для капельного биофильтра с ершовой загрузкой 7. Ершовая биоагрузка — это масса из кусочков нарубленной синтетической лески одного размера и закрепленных перевитыми между собой металлическими проволоками. Очистка бытовых сточных вод описываемой установкой осуществляется в два этапа.

На первом этапе происходит осаждение взвешенных частиц в отстойнике, состоящем из трех отдельных камер 2, 3 и 4 с переливными патрубками. Конструктивно патрубки расположены таким образом, чтобы сточные воды протекали с наименьшей скоростью, благодаря чему в каждой камере происходит осаждение грубодисперсных взвешенных частиц. Первая камера имеет максимальный объем, занимая 50 %, другие две камеры равны по объему и занимают по 25 % от общего объема отстойника.

На втором этапе происходит очистка осветленных сточных вод в биофильтре 7. Для этого осветленные сточные воды из третьей камеры 4 отстойника с помощью дренажного насоса 5 перекачиваются в верхнюю часть установки — биореактор. Далее, через вращающийся ороситель 6 равномерно распределяются по всей площади ершовой биоагрузки, насыщаясь при этом кислородом воздуха. При этом 1/3 поданных через ороситель сточных вод из биореактора возвращается в первую камеру 2,



а 2/3 возвращается в третью камеру 4. Основной объем предварительно очищенных сточных вод проходит через переливы в третью камеру 4 отстойника.

Таким образом, происходит усреднение сточных вод, и в первую камеру 2 поступают нитраты, нитриты и аэробные микроорганизмы, которые в анаэробных условиях начинают факультативно дышать, используя механизм "нитратного дыхания", т. е. получать кислород из нитратов и нитритов. Для получения кислорода некоторые виды аэробов в анаэробных условиях преобразуют азотные соединения (нитраты и нитриты), высвобождая азот в виде газа и получая кислород для своей жизнедеятельности, который затем идет на обработку органики. Азот выходит из очистного сооружения в виде газа и смешивается с азотом, содержащимся в воздухе. Отличительной конструктивной и технологической особенностью описываемых установок является использование в них ершовой загрузки для создания биофильтрационной среды с площадью активной поверхности 33...44 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

Проходя через загрузку биофильтра, сточные воды освобождаются от присутствующих нерастворимых примесей, не осевших в отстойнике-усреднителе, а также от коллоидных и растворенных органических веществ, поглощаемых био пленкой и связываемых осаждающим реагентом "Альта". Отмершая био пленка смывается и выносится протекающими сточными водами из биофильтра в отстойник-усреднитель, попадая в конечном итоге в третью камеру 4. Необходимый для биохимических процессов кислород поступает в толщу ершовой био загрузки 7 биофильтра путем естественной вентиляции.

Отведение очищенных сточных вод из установки происходит из средней по высоте части третьей камеры отстойника. Данный процесс препятствует выносу из установки илового осадка, образующегося на дне, а также отмерших колоний микроорганизмов, плавающих на поверхности.

Для обеспечения необходимого качества очистки сточных вод от фосфорных соединений в установке "Alta Bio" предусмотрена физико-химическая стадия — коагулирование. В сточные воды подается осаждающий реагент "Alta" на основе ионов железа. Коагулянт, поступающий в сточные воды в количестве, строго соответствующем их притоку, образует с фосфатами нерастворимые соединения, выпадающие в осадок. Осадок фосфата железа соединяется с осадком в отстойнике-усреднителе и удаляется ассенизационной машиной один раз в год.

Результаты очистки сточных вод в реальных условиях представлены в табл. 2.

Сравнение данных по очистке сточных вод установками Alta Bio и установкой комбинирован-

Таблица 2

Показатели работы установки Alta Bio  
производительностью 1 м<sup>3</sup>/сут

Показатели	Единицы измерения	Поступающие сточные воды	Очищенные сточные воды	Эффект очистки сточных вод, %
Взвешенные вещества	мг/л	312,0	<3,0	99,0
БПК <sub>5</sub>	мгО <sub>2</sub> /л	346,8	1,7	99,5
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	мг/л	42,10	0,41	99,0
PO <sub>4</sub> <sup>3+</sup>	мг/л	14,2	0,3	97,9

ной очистки сточных вод (см. табл. 1) показывает, что установка Alta Bio обеспечивает значительно большую эффективность по БПК, при этом сточные воды загрязнены более чем в 2 раза. Надо отметить, что установка глубокой биологической очистки сточных вод Alta Bio, конструктивно состоящая из одного модуля, совмещает очистку сточных вод микроорганизмами как прикрепленными к био загрузке, так и свободно плавающими в отстойнике-усреднителе. Даже при использовании биофильтрационной среды с площадью активной поверхности 33...44 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> против 600 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> в опытной установке [4] очистка сточных вод, осуществляемая установкой Alta Bio, существенно эффективнее.

Эволюция решений основных технологических задач приведена на рис. 5 и 6. Как видно, эволюция сопровождается двумя разнонаправленными процессами: эффективность очистки приближается к 1 (почти 100 %), объем вывозимых осадков не в такой степени, но также практически экспоненциально снижается. Комбинированные технологические процессы обеспечивают возможность достижения высокой степени очистки сточных вод. При этом удалось добиться существенного уменьшения количества вывозимых осадков. И что очень важно, вывозимые осадки значительно менее опасны в са-

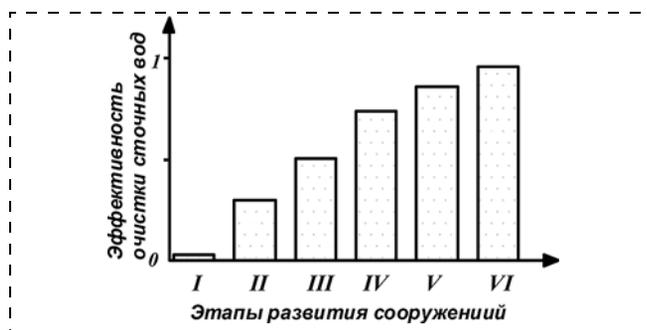


Рис. 5. Изменение обобщенной эффективности очистки сточных вод сооружениями "малой канализации"

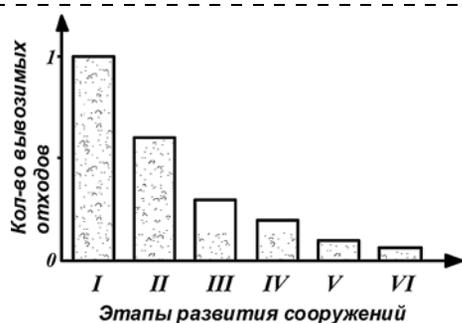


Рис. 6. Изменение объемов вывозимых осадков в процессе развития частных сооружений малой производительности

нитарном и экологическом отношении за счет аэробной минерализации.

Оценивая перспективу дальнейшего развития очистных устройств для децентрализованной "малой канализации", можно предположить два актуальных направления. Первое — это применение саморегулируемых технологических стадий в комбинированных процессах. Это позволит повысить надежность работы очистных устройств, упростить и снизить стоимость конструктивного оформления. Второе — применение технологических процессов, включающих глубокую стабилизацию и обеззараживание отделяемых осадков. В этом случае получаемый отход (осадок) может быть полностью утилизирован на прилегающих территориях.

### Выводы

Развитие технологических процессов и конструкций очистных сооружений "малой канализации", обусловленное на первых этапах необходимостью создания минимальных санитарных условий проживания рассредоточенных групп людей на современном этапе, обеспечивает экологическую безопасность жизнедеятельности большей части населения благодаря предотвращению массового загрязнения источников водоснабжения.

Современные установки, предназначенные для очистки сточных вод малых населенных мест и жилых объектов, обеспечивают достижение требований к качеству очищенных вод благодаря комбинированным технологическим процессам, применению современных материалов и совершенству конструктивных решений. Это позволяет сбрасывать очищенные сточные воды в хозяйственно-питьевые водоемы с соблюдением установленных норм.

Список литературы

### Список литературы

1. Воронов Ю. В., Алексеев Е. В., Пугачев Е. А., Саломеев В. П. Водоотведение: учебное издание. — М.: Издательство АСВ, 2014. — 416 с.
2. Андреев С. Ю., Гришин Б. М., Блажко С. И. Технология двухступенчатой физико-химической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод как альтернатива сооружениям биологической очистки // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2007. — № 6 (582). — С. 89.
3. Блажко С. И. Разработка комбинированной технологии очистки хозяйственно-бытовых сточных вод для малых объектов. Автореф. дис. ... к-та техн. наук. — СПб., 2009. — 18 с.
4. Макиша Н. А., Смирнов Д. Г. Глубокое удаление аммонийного азота из сточных вод с применением плавающего грузочного материала // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. — 2012. — Вып. 3 (23).

E. V. Alekseev, Head of Chair, e-mail: alex\_2047@mail.ru,

M. M. Pukemo, Craduate Student, Moscow State University of Civil Engineering

## Environmental Aspects of Life — Basis of Technical Progress in Wastewater Treatment in Autonomous Sewer Systems

*The main stages in the development of facilities for cleaning small amounts of household wastewater. The general direction of the evolution of "small sewage" reflects the emergence and development of the environmental component of social criteria in the quality of life of the population and, as a consequence, the motivation of technical progress in this area. In this article authors look for the most application of storage tanks, septic tanks, two-levels sedimentation tanks, biological and physic-chemical wastewater treatment. Current state of wastewater treatment technology is defined as a combination of stage and zoned combining technologies in wastewater treatment plants. Due to the combined technological processes, the use of modern materials and perfection of design solutions, modern installations for wastewater treatment for small communities and residential locations, provide the requirements for achieving purified waters. This allows us to reset the treated wastewater in the household and drinking water reservoirs in compliance with established standards.*



**Keywords:** domestic wastewater, sewage treatment, technological problems, technological process, combining zone, bio-filter, aeration, brush bio-load

#### References

1. Voronov Ju. V., Alekseev E. V., Pugachev E. A., Salomeev V. P. Vodootvedenie: Uchebnoe izdanie. M.: Izd-vo ASV, 2014. 416 p.
2. Andreev S. Ju., Grishin B. M., Blazhko S. I. Tehnologija dvuhstupenchatoj fiziko-himicheskoj ochistki hozjajstvenno-bytovyh stochnyh vod kak al'ternativa sooruzhenijam

- biologicheskoy ochistki. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo*. 2007. N. 6 (582). P. 89.
3. Blazhko S. I. Razrabotka kombinirovannoj tehnologii ochistki hozjajstvenno-bytovyh stochnyh vod dlja malyh ob'ektov. *Avtoref. dis. ... k-ta tehn. nauk*. SPb., 2009. 18 p.
4. Makisha N. A., Smirnov D. G. Glubokoe udalenie ammonijnogo azota iz stochnyh vod s primeneniem plavajushhego zagruzochnogo materiala. *Internet-vestnik VolgGASU. Ser.: Politematicheskaja*. 2012. V. 3 (23).

УДК 502.3

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

## Очистка вредных газовых выбросов, паров и сажи в нефтехимических производствах

*Статья посвящена обзору очистки вредных выбросов в атмосферу через предохранительные клапаны аппаратов технологического оборудования, в ней показаны и описаны схемы автоматической очистки вредных паров и газов (сероводорода, аммиака, паров серной кислоты и анилина). Предложены автоматические системы и схемы очистки паров и газов кислого и щелочного характера с применением конденсатора-нейтрализатора, которые позволяют решить проблему загрязнения воздушного бассейна территории технологических установок нефтехимических производств, рабочих поселков и городов вредными выбросами паров, газов и сажи.*

**Ключевые слова:** вредные выбросы, очистка паров серной кислоты, паров анилина, сероводород, сажа, загрязнения, автоматические системы, очистка вредных выбросов, факельные системы

Вредными веществами называют вещества, которые при контакте с организмом человека могут вызвать профессиональные заболевания или отклонения в состоянии его здоровья [1].

Лимитирующим уровнем воздействия вредных веществ на человека является его предельно допустимая концентрация (ПДК) — количество вещества за определенный период времени, практически не влияющее на человека и не вызывающее неблагоприятных последствий. Концентрация вредных веществ в воздухе населенных пунктов не должна превышать 1 ПДК, а в зоне отдыха и курортов 0,8 ПДК.

По ГОСТ 12.1.005—88 все вредные вещества по степени опасности воздействия на организм человека подразделяются на четыре класса опасности: 1) чрезвычайно опасные; 2) высокоопасные; 3) умеренно опасные; 4) малоопасные.

Класс опасности устанавливается в зависимости от значения ПДК, средней смертельной дозы и зоны острого или хронического действия [2].

Примеры предельно допустимых концентраций и классы опасности некоторых вредных веществ представлены в табл. 1.

По загрязнению воздушного бассейна вредными веществами нефтепереработка и нефтехимия занимают четвертое место. Неизбежность сбросов вредных паров и газов в нефтехимии обусловлена аварийными ситуациями и неустойчивым технологическим режимом при пуске технологических установок [1].

С целью снижения вредного воздействия на человека сбросы вредных паров и газов обычно собираются в установке утилизации, откуда частично возвращаются на переработку или используются в качестве топливного газа, а остальная часть

Таблица 1

**Предельно допустимые концентрации и классы опасности некоторых вредных веществ [2]**

Название вещества	Формула химическая	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Агрегатное состояние
Бензпирен (3,4-бензпирен)	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	0,00015	1	Пары
Бериллий и его соединения (в перерасчете на бериллий)	Be	0,001	1	Аэрозоль
Свинец	Pb	0,01	1	Аэрозоль
Хлор	Cl <sub>2</sub>	1,0	2	Газ
Серная кислота	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,0	2	Пары
Хлорид водорода	HCl	5,0	2	Газ
Диоксид азота	NO <sub>2</sub>	2,0	3	Газ
Спирт метиловый	CH <sub>3</sub> OH	5,0	3	Пары
Оксид углерода	CO	20,0	4	Газ
Топливный бензин	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100,0	4	Пары
Ацетон	CH <sub>3</sub> COCH <sub>3</sub>	200,0	4	Пары

отправляется на факельные установки для их сжигания, причем таким путем возможно обезвреживание значительных количеств сбрасываемых газов (более 400 т/ч) [1—3, 4]. На предприятиях химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей и газоперерабатывающей промышленности эксплуатируются факельные установки, которые предназначены для сжигания образующихся в процессе производства вредных паров и газов. Сжигание сбрасываемых газов на факельных установках позволяет значительно уменьшить загрязнение окружающей среды токсичными и вредными веществами.

Факельные системы характеризуются стабильностью процесса сжигания газа, полнотой сгорания и надежностью воспламенения газа. Система сжигания вредных выбросов на факельных установках включает предварительный этап — сбор газа и очистку от серы с использованием сернистых продуктов в производстве. Однако в аварийном режиме работы аппаратов технологических установок или в случаях переполнения газгольдеров предохранительные клапана аппаратов все же сбрасывают вредные пары и газы на "свечу", т. е. в атмосферу, создавая аварийную загазованность территории нефтехимических производств и рабочих поселков. Проблема загазованности вредными парами и газами пока полностью не решена. Необходимо комплексное решение проблемы борьбы с загрязнением воздушного бассейна от факельного сжигания и от вредных выбросов после сброса их предохранительными клапанами аппаратов при аварийных ситуациях.

Для очистки вредных выбросов существуют следующие промышленные способы [5]:

— абсорбционный способ, основанный на химических реакциях между газом и поглощающей жидкостью; он наиболее прост, однако требует громозд-

кого оборудования, а также процесса десорбции выделения газа из поглощающей жидкости;

— способ окисления, заключающийся в сжигании в пламени или термическом окислении при высоких температурах в огневой горелке;

— каталитический способ, который заключается в разложении вредных веществ на серебряном или марганцевом катализаторе;

— способ с использованием адсорбционного окислителя твердых веществ, заключающийся в физической адсорбции малых количеств вредных компонентов, с последующим выдуванием адсорбированного вещества в специальном потоке газа в реакторе термокаталитического или термического дожигания [1].

В настоящее время существует пока единственная в Европе установка с экологически чистым факелом, расположенная на Ухтинском нефтеперерабатывающем заводе, где сжигание факельного газа происходит в беспламенных панельных горелках [6].

Поэтому с целью повышения надежности и эффективности работы по очистке вредных паров и газов кислого и щелочного характера при сбросе их с предохранительных клапанов в аппаратах при аварийных ситуациях авторами статьи разработана автоматическая система по очистке паров и газов щелочного или кислого характера [4].

Предлагаемая система автоматического управления (рис. 1) состоит из следующих устройств [7].

1. Устройства для сбора вредных паров и газов со всех предохранительных клапанов аппаратов одного производства, включающие:

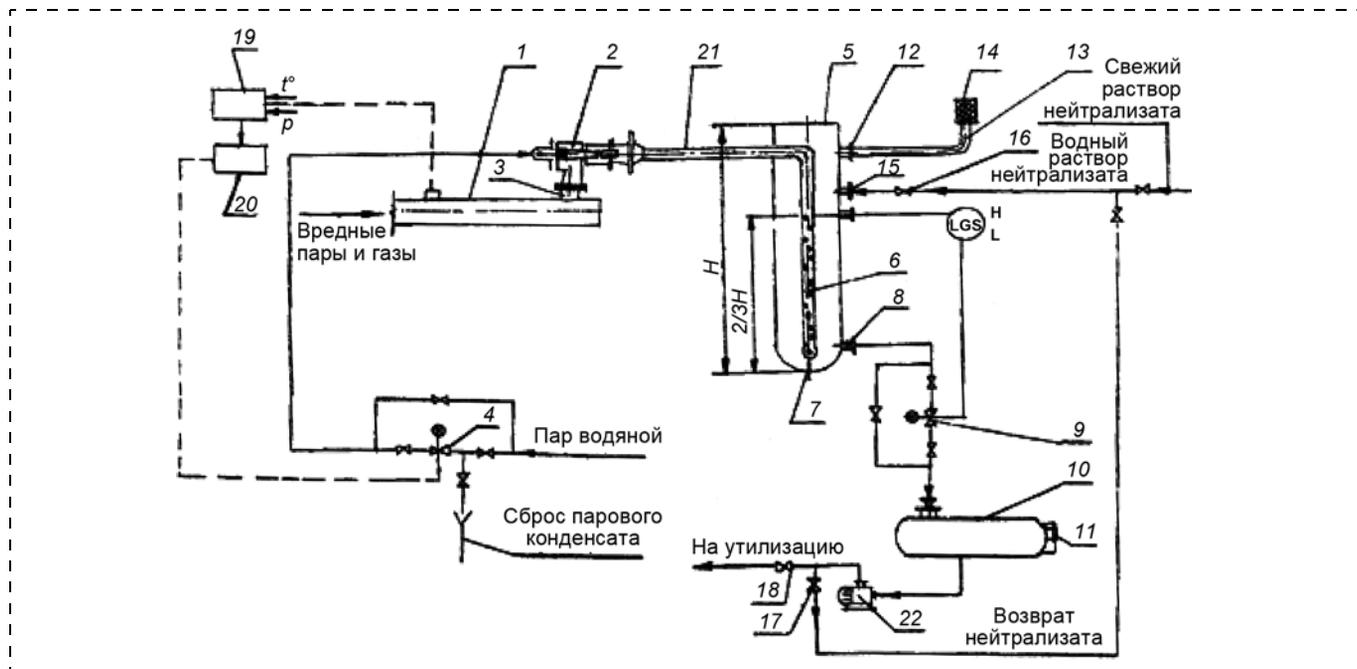
приемную трубу 1 диаметром 250 мм из стали марки X18H10T, в которую врезаются штуцера сбросов с предохранительных клапанов всех аппаратов одного производства;

регулирующий клапан 4 подачи водяного пара в паровой эжектор 2;

паровой эжектор 2 для отсоса вредных паров и газов, который устанавливается на штуцере 3 приемной трубы 1.

2. Устройство для конденсации и нейтрализации вредных паров и газов, состоящее из вертикального конденсатора-нейтрализатора 5 с центральной перфорированной трубой 6, имеющей перфорацию диаметром 2...3 мм на высоте 2/3 от низа трубы, в которую подаются паровым эжектором 2 вредные пары и газы, последние, барботируясь, нейтрализуются и конденсируются водным раствором нейтрализующего вещества-нейтрализата. Отработанный нейтрализат поступает в промежуточную емкость-водогрязеотделитель 10, откуда он периодически откачивается на утилизацию.

Конденсатор-нейтрализатор 5 представляет собой вертикальную трубу из коррозионно-стойкой



**Рис. 1.** Схема системы автоматического регулирования промышленной и экологической безопасности выбросов вредных паров и газов кислого и щелочного характера после предохранительных клапанов аппаратов при аварийной ситуации:

1 — приемная труба; 2 — паровой эжектор; 3 — штуцер приемной трубы для установки эжектора; 4 — регулирующий клапан подачи водяного пара; 5 — вертикальный конденсатор-нейтрализатор; 6 — центральная перфорированная труба; 7 — эллиптическое днище конденсатора-нейтрализатора; 8 — штуцер для спуска прореагировавшего раствора нейтрализата; 9 — регулирующий клапан для спуска отработанного нейтрализата в емкость-водогрязеотделитель; 10 — емкость-водогрязеотделитель; 11 — уровнемер; 12 — штуцер для воздушника; 13 — воздушник; 14 — огнепреградитель; 15 — штуцер подачи водного раствора нейтрализата; 16 — вентиль подачи водного раствора нейтрализата; 17 — вентиль возврата водного раствора нейтрализата; 18 — вентиль подачи отработанного нейтрализата на утилизацию; 19 — блок контроля аварийной ситуации; 20 — хроматограф с прибором для автоматического отбора пробы; 21 — центральная труба подачи вредных паров и газов; 22 — насос откачки водогрязевого потока из емкости

стали марки X18H10T диаметром 400 мм. Емкость имеет эллиптическое днище 7 и три штуцера: первый — нижний 8 для спуска через клапан 9 насыщенного вредными веществами водного раствора нейтрализующего вещества в промежуточную емкость-водогрязеотделитель 10; второй 12 — в верхней части емкости для воздушника 13, на конце которого установлен огнепреградитель 14; третий штуцер 15 в средней части емкости — для подачи водного раствора нейтрализующего вещества. В емкости имеется центральная перфорированная труба 6 диаметром 250 мм с эллиптическим днищем из стали марки X18H10T, перфорация выполнена отверстиями 2...3 мм, расположенными на высоте 2/3 от низа трубы. Дополнительно конденсатор-нейтрализатор укомплектован прибором LGS (HL) для измерения уровня водного раствора нейтрализатора и регулирующим клапаном 9. Конденсатор-нейтрализатор перед пуском заполняется водным раствором нейтрализующего вещества, который пополняется по мере необходимости под контролем анализов проб.

При аварийной ситуации сигнал поступает на блок контроля аварийной ситуации 19. Когда вредные пары и газы после предохранительных клапанов поступают в приемную трубу 1, то из

блока контроля 19 подается сигнал на механизм открытия клапана 4 подачи водяного пара в паровой эжектор 2. Вредные пары и газы из приемной трубы 1 через штуцер 3 паровым эжектором 2 отсасываются и направляются в центральную трубу 21 и далее в перфорированную трубу 6 конденсатора-нейтрализатора 5, который заполнен водным раствором нейтрализующего вещества. Вредные пары или газы и водяной пар барботируются через водный раствор нейтрализующего вещества в конденсаторе-нейтрализаторе 5. Далее прореагировавший нейтрализат поступает через регулирующий клапан 9 в промежуточную емкость-водогрязеотделитель 10, с последующей периодической откачкой его на утилизацию. Часть нейтрализата после анализа периодически подается в конденсатор-нейтрализатор 5 через вентиль 17.

В табл. 2 приведены примеры нейтрализации промышленных вредных паров и газов кислого и щелочного характера и нейтрализующие вещества.

Во всех приведенных примерах после реакций нейтрализации выбросов вредных паров и газов кислого и щелочного характера образуются соли, которые после утилизации их из емкости-водогрязеотделителя 10 могут использоваться в производстве ми-

**Примеры нейтрализации промышленных вредных паров и газов кислого и щелочного характера**

Вредные пары и газы для нейтрализации	Нейтрализующее вещество	Результаты
Пары серной кислоты $H_2SO_4$	Водный раствор едкого калия KOH	Сульфат калия + вода $K_2SO_4 + H_2O$
	Водный раствор едкого натрия NaOH	Сульфат натрия + вода $Na_2SO_4 + H_2O$
Газ сероводород $H_2S$	Водный раствор едкого калия KOH	Сульфат калия + вода $K_2SO_4 + H_2O$
	Водный раствор едкого натрия NaOH	Сульфат натрия + вода $Na_2SO_4 + H_2O$
Газ серный ангидрид $SO_3$	Водный раствор едкого калия KOH	Сульфат калия + вода $K_2SO_4 + H_2O$
	Водный раствор едкого натрия NaOH	Сульфат натрия + вода $Na_2SO_4 + H_2O$
Аммиак газ $NH_3$	Водный раствор соляной кислоты HCl	Хлорид аммония + вода $(NH_4)Cl + H_2O$
	Водный раствор серной кислоты $H_2SO_4$	Сульфат аммония + вода $(NH)_2SO_4 + H_2O$
Пары анилина $C_6H_5(NH)_2$	Водный раствор соляной кислоты HCl	Хлорид аммония + вода $(NH_4)Cl + H_2O$
	Водный раствор серной кислоты $H_2SO_4$	Сульфат аммония + вода $(NH)_2SO_4 + H_2O$
Газ (монооксид углерода) CO	Водный раствор карбоната калия (паташа) $K_2CO_3$	Карбонат калия + вода $K_2CO_3 + H_2O$
Газ (диоксид серы) $SO_2$	Водный раствор едкого натрия NaOH	Сульфат натрия + вода $Na_2SO_4 + H_2O$
	Водный раствор карбоната натрия $Na_2CO_3$	Карбонат натрия + вода $Na_2CO_3 + H_2O$
Газ (диоксид углерода) $CO_2$	Водный раствор едкого натрия NaOH	Карбонат натрия + вода $Na_2CO_3 + H_2O$

неральных удобрений или же, после их сушки, применяться для посыпки автодорог в зимний период года, а также в производстве битумных покрытий.

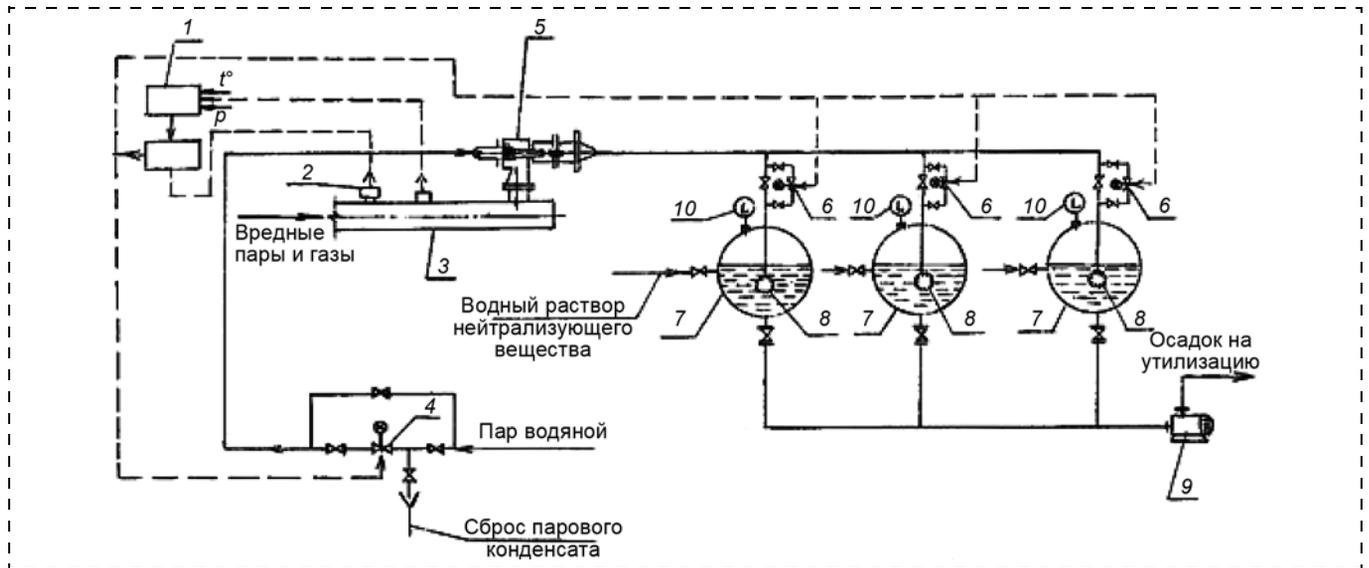
В случаях когда разовые вредные выбросы будут в большом количестве или они будут разные по составу, предлагается схема, показанная на рис. 2, где представлены емкости конденсатор-нейтрализатор горизонтального типа 7 диаметром Ду 250 мм, вместимостью 0,5 м<sup>3</sup>, выполненные из стали X18N10T. На входе в каждую емкость 7 установлены регулирующие клапаны 6 подачи вредных выбросов паровым эжектором 5 после их анализа на хроматографе, где они нейтрализуются в соответствующей емкости 7 нейтрализующим водным раствором. Внизу имеются насосы 9 для удаления осадка соли на утилизацию для ее подсушки. Примеры нейтрализации промышленных вредных паров и газов приведены ранее в табл. 2, где они подаются через распределитель в соответствующие емкости с водным раствором нейтрализатора.

Система, схема работы которой показана на рис. 2, функционирует следующим образом: при сбросе вредных паров и газов с предохранительных клапанов аппаратов в приемную трубу 3 сигнал повышения давления и температуры поступает на блок контроля 1 пожаровзрывоопасной аварийной ситуации. Одновременно происходит забор газа на хроматограф заборным устройством 2, после чего блок аварийной ситуации 1 дает сигнал на

открытие регулирующего клапана подачи водяного пара 4 в паровой эжектор 5 для отсоса вредных газов из приемной трубы 3 в магистральную трубу подачи в горизонтальную емкость конденсатор-нейтрализатора 7, где они барботируются и нейтрализуются. Затем открывается регулирующий клапан подачи вредных выбросов 6 на входе в горизонтальную емкость 7, в которой находится соответствующий водный раствор нейтрализата.

В технологии переработки нефти и газа часто используется такой технологический процесс, как пиролиз. Это наиболее жесткая форма термического крекинга нефтяного и газового сырья, осуществляемая обычно при температурах 700...900 °С для производства печной сажи, которая применяется в производстве резины, или с целью получения углеводородного газа с высоким содержанием непредельных углеводородов, используемых для получения полипропилена или моющих средств и других продуктов нефтехимии. К сожалению, процент улавливания твердых вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу при аварийной ситуации процесса пиролиза, остается низким и составляет не более 2,5 % [2].

Известна система отделения газового потока от сажи (тяжелым или легким поглотительным маслом) с последующей отмывкой его высококипящим органическим поглотителем — соляровым маслом с температурой кипения до 270 °С, прохо-



**Рис. 2.** Схема работы системы автоматического регулирования промышленной и экологической безопасности выбросов вредных паров и газов кислого и щелочного характера после предохранительных клапанов аппаратов при аварийной ситуации:

1 — блок контроля аварийной ситуации; 2 — заборное устройство из приемной трубы; 3 — приемная труба; 4 — регулирующий клапан подачи водяного пара; 5 — паровой эжектор; 6 — регулирующий клапан подачи вредных выбросов; 7 — емкость конденсатор-нейтрализатор; 8 — распределитель-барбатер вредных выбросов; 9 — насос для удаления осадка (солей); 10 — уровнемер водного раствора нейтрализата

дящая в две стадии: на первой стадии происходит обработка высококипящим органическим поглотителем — соляровым маслом; на второй стадии происходит обработка циркулирующей водой. Полученную на первой стадии пульпу из сажи и органического поглотителя разделяют фильтрованием или декантацией [8]. Однако данные способы имеют существенные недостатки:

— сложность очистки газовых выбросов от сажи (применение двух стадий);

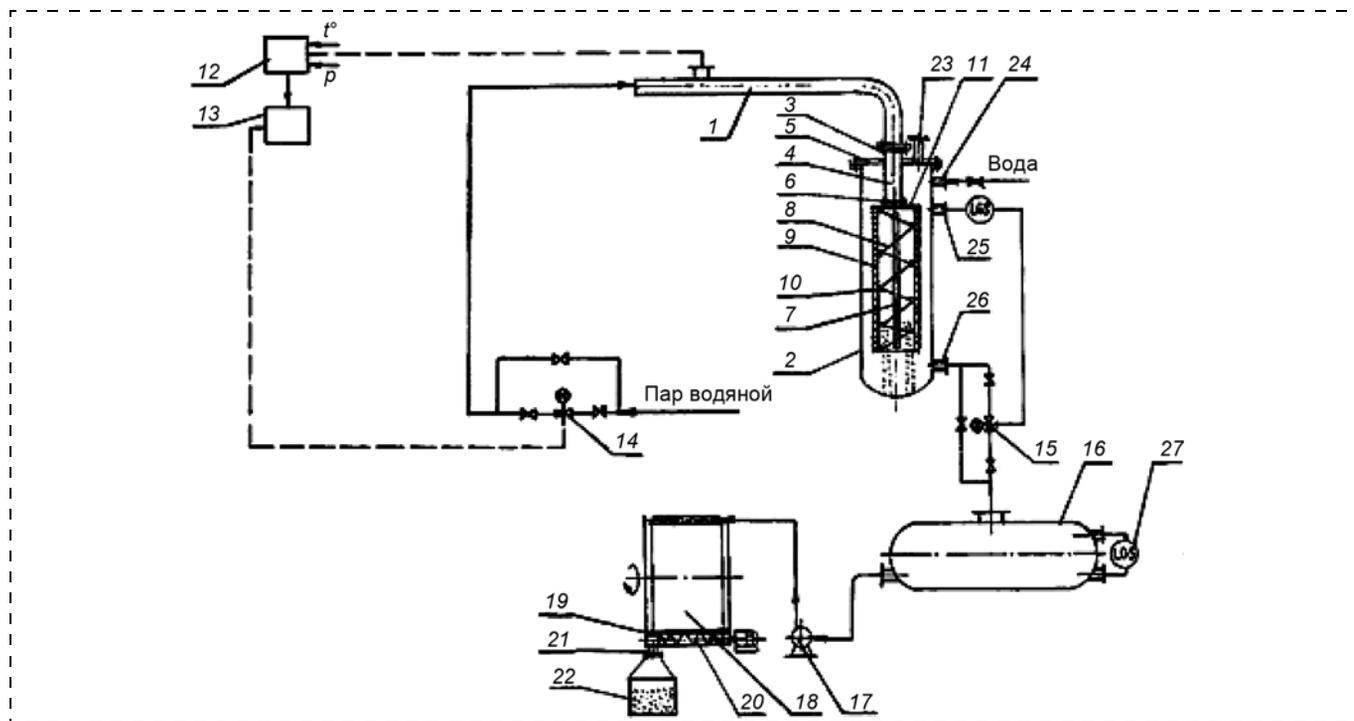
— применение солярового масла с температурой кипения до 270 °С, что в связи с его пожароопасностью не позволяет применить данный способ очистки для высокотемпературных выбросов паров и газов с сажой.

Предлагаемая авторами система автоматического управления и регулирования промышленной и экологической безопасности выбросов высокотемпературных паров и газов с дисперсным материалом (сажей) в аппаратах после предохранительных клапанов в аварийной ситуации представлена на рис. 3 [9].

Приведенная система включает приемную трубу 1 диаметром 250 мм для сбора газовых выбросов, которая соединяется с сажеотделителем 2 через фланцевое соединение 3 катушки 4, приваренной к разъемной крышке 5 сажеотделителя 2. К катушке 4 через фланцевое соединение 6 крепится сварное сажеотделяющее устройство, состоящее из центрального стержня 7, к которому приваривается шнековый завихритель 8 газового

потока с углом атаки шнекового завихрителя 30°, выполненный из металлической ленты сечением 2 × 100 мм, сетки-кожуха 9, выполненной из металлической сетки с ячейками 5...8 мм высотой 1000 мм, диаметром 300 мм, которая служит для отделения и улавливания дисперсного материала (сажи), из ребер жесткости 10, которые привариваются к шнековому завихрителю 8 и сетке-кожуху 9, из верхней крышки 11, к которой крепится сетка-кожух 9. Сажеотделитель 2, имеющий внизу эллиптическое днище, представляет собой трубу из стали марки Х18Н101 диаметром 500 мм и высотой 3000 мм.

Система очистки от сажи работает следующим образом: в случае аварийной ситуации при сбросе высокотемпературных газов с дисперсным материалом (сажей) после предохранительных клапанов аппаратов в приемную трубу 1 сигнал из приемной трубы 1 поступает на блок контроля пожаровзрывоопасной аварийной ситуации 12, и далее через исполнительный механизм 13 на регулирующий клапан 14 подачи водяного пара в приемную трубу 1 для транспортировки сажи по приемной трубе в сажеотделяющее устройство. Газовый поток с сажой подается со скоростью около 40 м/с на шнековый завихритель 8, поскольку опыт работы циклонных и жалюзийных сепараторов при разделении паракапельного потока показал, что при скорости ввода разделяемого потока около 40 м/с эффективность сепарации при этом увеличивается в два раза. Газовый поток сажи проходит через шнековый завихритель 8, где дисперсный материал из



**Рис. 3.** Схема системы автоматического управления и регулирования промышленной и экологической безопасностью выбросов высокотемпературных паров и газов с дисперсным материалом (сажей) в аппаратах после предохранительных клапанов в аварийной ситуации: 1 — приемная труба; 2 — сажеотделитель; 3 — фланцевое соединение приемной трубы с катушкой; 4 — катушка; 5 — разъемная крышка сажеотделителя; 6 — фланцевое соединение катушки с сажеотделяющим устройством; 7 — центральная стержень для шнекового завихрителя; 8 — шнековый завихритель; 9 — сетка-кожух; 10 — ребро жесткости; 11 — крышка сетки-кожуха сажеотделяющего устройства; 12 — блок контроля аварийной ситуации; 13 — исполнительный механизм блока контроля; 14 — регулирующий клапан подачи водяного пара; 15 — регулирующий клапан сброса отработанного нейтрализата в емкость-водогрязеотделитель; 16 — емкость-водогрязеотделитель; 17 — насос откачки на барабанный вакуум-фильтр из емкости-водогрязеотделителя; 18 — барабанный вакуум-фильтр; 19 — нож-пластина; 20 — разгрузочный шнек; 21 — люк выгрузки сажи; 22 — полиэтиленовый мешок для сбора сажи; 23 — штуцер-воздушник; 24 — штуцер подачи воды; 25 — штуцер для уровнемера LGS-16; 26 — штуцер для сброса отработанного нейтрализата в емкость-водогрязеотделитель; 27 — уровнемер LGS-23 на водогрязеотделителе

газового потока после шнекового завихрителя центробежной силой отбрасывается к внутренней стороне сетки-кожуха 9 и, так как слой сажи с наружной стороны смачивается водой сажеотделителя, то он набухает и под действием силы тяжести скользит вниз аппарата сажеотделителя 2 и далее периодически вместе с грязевым потоком через регулирующий клапан 15 сбрасывается в емкость-водогрязеотделитель 16, а из нее для отделения дисперсной фазы периодически откачивается насосом 17 в барабанный вакуум-фильтр 18, на котором дисперсная фаза (сажа) снимается ножом-пластиной 19, после чего сажа поступает на разгрузочный шнек 20 и далее через люк 21 выгружается в полиэтиленовый мешок 22 для дальнейшего использования ее как товарного продукта.

Газовый поток, освобожденный от дисперсного материала (сажи), попадает через сетку-кожух 9 в водный слой сажеотделителя 2, где он барботируется, конденсируется, охлаждается и выходит из аппарата через воздушник 23 сажеотделителя 2. В сажеотделителе имеются четыре штуцера: один для воздушника 23, второй 24 для подачи воды в саже-

отделитель 2, третий штуцер 25 для уровнемера LGS, измеряющего и поддерживающего уровень воды в сажеотделителе 11, четвертый штуцер 26 для сброса водогрязевого потока в емкость-водогрязеотделитель 16. На емкости-водогрязеотделителе 16 имеется уровнемер 27 LGS-23, который позволяет контролировать уровень грязевого потока в емкости и периодически откачивать грязевый поток насосом 17 на барабанный вакуум-фильтр 18 для отделения дисперсной фазы.

### Выводы

Применение предложенных систем автоматического управления и регулирования промышленной и экологической безопасности вредных газовых выбросов, паров и газов с дисперсным материалом (сажей) в аппаратах после предохранительных клапанов позволит улучшить экологию воздушного бассейна городов, рабочих поселков и территорию технологических установок от вредных выбросов газов и сажи за счет исключения в нефтехимическом производстве выбросов сажи через предохранительные клапаны



аппаратов в аварийной ситуации и утилизации вредных паров и газов кислого и щелочного характера.

#### Список литературы

1. **Абросимов А. А.** Экология переработки углеводородных систем: Учебник / Под ред. Ю. М. Долomatова, Э. Г. Теляшева. — М.: Химия, 2002. — 608 с.
2. **Муравей Л. А.** Экология и безопасность жизнедеятельности: Учеб. пособие для вузов. — М.: ЮНИТИ — ДАНА, 2000. — 447 с.
3. **Патент** на изобретение № 2050948. Установка для санитарной очистки больших объемов газовых промышленных выбросов. Дата публикации: 27.12.1995. Автор: И. П. Слободяник.
4. **Патент** на изобретение № 2057276. Способ очистки газовых выбросов от сажи. Дата публикации: 27.03.1996. Автор: И. П. Слободяник.
5. **Протасов В. Ф.** Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России: Учебное и справочное пособие. 2-е изд. — М.: Финансы и статистика, 2000. — 672 с.

6. **Ухта:** фотоальбом / Составитель и художественный редактор О. Сизоненко. — 3-е изд. — Сыктывкар, 2013. — 152 с.
7. **Патент** на изобретение № 2485479. Система автоматического управления и регулирования промышленной и экологической безопасностью выбросов вредных паров и газов кислого и щелочного характера после предохранительных клапанов в аварийной ситуации / Авторы: А. П. Зиновьев, Г. И. Рыжов, С. А. Зиновьев, И. Г. Рыжов // Бюл. № 17 от 20.06.2013.
8. **Смидович Е. В.** Технология переработки нефти и газа. Часть 2. Крекинг нефтяного сырья и переработка углеводородных газов: Учебник для студентов вузов. 3-е изд. — М.: Химия 1980. — 328 с.
9. **Патент** на изобретение № 2518868. Система автоматического управления и регулирования промышленной и экологической безопасностью выбросов высокотемпературных паров и газов с дисперсным материалом (сажей) в аппаратах после предохранительных клапанов в аварийной ситуации. Авторы: А. П. Зиновьев, Г. И. Рыжов, С. А. Зиновьев, И. Г. Рыжов // Бюл. № 16 от 10.06.2014.

**A. P. Zinoviev**, Professor, **S. A. Zinoviev**, Senior Research Associate, Ufa State Oil Technical University, **G. I. Rizhov**, Associate Professor, Ufa State Aviation Technical University, e-mail: rgi\_home@mail.ru, **Rizhov I. G.**, Student, Moscow State University of Instrument Engineering and Informatics

## Clearing of Harmful Gas Emissions of Vapors and Soot in Petrochemical Productions

*Article reviews the clearing of harmful emissions into the atmosphere through the safety valves machines process equipment shown and described circuit automatic cleaning fumes and gases (hydrogen sulfide, ammonia, sulfuric acid vapors and aniline). Offers systems and purification scheme vapors and gases acid and alkaline character using condenser — converter that can solve the problem of air pollution in the territory of process plants petrochemical plants, industrial communities and cities harmful emissions vapors, gases and soot.*

*Are examples of neutralization of industrial fumes and gases and their neutralizing substances. Proposes a system of automatic control and regulation of industrial emissions and environmental safety of high-temperature vapors and gases with particulate material (soot) in the process pyrolytic furnace black, which is used in the manufacture of rubber and hydrocarbon gases with a high content of unsaturated hydrocarbons used for products petrochemicals. Describes the structure and operation sazheotdelitel'ya scheme cleaning soot, excluding soot emissions through the safety valves in petrochemical production units, eliminating fumes in the environment.*

**Keywords:** harmful emissions, clearing of sulfuric acid vapors, vapors of aniline hydrogen sulfide, soot, pollution, automatic systems, cleaning harmful emissions, flare' systems

#### References

1. **Abrosimov A. A.** Jekologija pererabotki uglevodorodnyh sistem: Uchebnik Prod red. Ju. M. Dolomatova, Je. G. Teljasheva. M.: Himija, 2002. 608 p.
2. **Muravej L. A.** Jekologija i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti: Ucheb. posobie dlja vuzov. M.: JuNITI — ДАНА, 2000. 447 p.
3. **Patent** na izobretenie № 2050948. Ustanovka dlja sanitarnoj oчитskи bol'shih ob'emov gazovyh promyshlennyh vybrosov. Data publikacii: 27.12.1995. Avtor: I. P. Slobodjanik.
4. **Patent** na izobretenie № 2057276. Sposob oчитskи gazovyh vybrosov ot sazhi. Data publikacii: 27.03.1996. Avtor: I. P. Slobodjanik.
5. **Protasov V. F.** Jekologija, zdorov'e i ohrana okruzhajushhej sredy v Rossii: Uchebnoe i spravocnoe posobie. 2-e izd. M.: Finansy i statistika, 2000. 672 p.
6. **Uhta:** fotoal'bom / Sostavitel' i hudozhestvennyj redaktor O. Sizonenko. 3-e izd. Syktyvkar, 2013. 152 p.

7. **Patent** na izobretenie № 2485479. Sistema avtomaticheskogo upravlenija i regulirovanija promyshlennoj i jekologicheskoj bezopasnost'ju vybrosov vrednyh parov i gazov kislogo i shhelocnogo haraktera posle predohranitel'nyh klapanov v avarijnoj situacii. Avtory: A. P. Zinov'ev, G. I. Ryzhov, S. A. Zinov'ev, I. G. Ryzhov. *Bjul. N 17 ot 20.06.2013.*
8. **Smidovich E. V.** Tehnologija pererabotki nefti i gaza. Chast' 2. Kreking nefljanogo syr'ja i pererabotka uglevodorodnyh gazov: Uchebnik dlja studentov vuzov. 3-e izd. M.: Himija, 1980. 328 p.
9. **Patent** na izobretenie № 2518868. Sistema avtomaticheskogo upravlenija i regulirovanija promyshlennoj i jekologicheskoj bezopasnost'ju vybrosov vysokotemperaturnyh parov i gazov s dispersnym materialom (sazhej) v apparatah posle predohranitel'nyh klapanov v avarijnoj situacii. Avtory: A. P. Zinov'ev, G. I. Ryzhov, S. A. Zinov'ev, I. G. Ryzhov. *Bjul. № 16 ot 10.06.2014.*

**Н. В. Лугаськова**, канд. биол. наук, доц., **Е. Б. Сафронова**, ст. препод.,  
e-mail: elsafroнова@mail.ru, Уральский государственный университет путей сообщения,  
Екатеринбург

## **Биологические методы оценки токсичности среды в результате воздействия объектов железнодорожного транспорта**

*Отмечены основные источники и факторы воздействия железнодорожного транспорта на окружающую среду. Выделены приоритетные направления профилактической токсикологии в оценке опасности химических веществ от предприятий железнодорожного транспорта. Выявлена приоритетность использования биологических методов оценки качества среды, разработанных и предложенных для использования в методике "Биотест". Рассмотрены возможности использования живых организмов в качестве тест-объектов при оценке качества сточных вод, образующихся в результате деятельности железнодорожных предприятий, и корректировке степени их очистки перед выпуском в природную среду. Методика применялась для предварительной оценки качества сточных вод предприятий железнодорожного транспорта.*

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, загрязнение окружающей среды, сточные воды, токсикологическая оценка, биотестирование, биоиндикация, тест-объект, скрининг-анализ

Антропогенная деятельность привела к формированию особых условий существования человека, которые принято обозначать термином "техносфера". Техносфера оказывает влияние на природную окружающую среду и на здоровье человека. Факторы ее воздействия многообразны: физическое и химическое загрязнение окружающей среды, тепловое загрязнение, накопление промышленных и бытовых отходов.

Одной из самых серьезных проблем является химическое загрязнение биосферы потенциально опасными токсическими веществами. Источниками таких веществ являются промышленные предприятия, особенно предприятия химической отрасли, транспорт, сельскохозяйственное производство, крупные населенные пункты. Концентрация загрязняющих веществ в атмосфере, почве, водоемах, находящихся в черте города, превышает допустимые значения, и это негативно сказывается на здоровье человека. Влияние опасных токсических веществ на организм человека зависит от их химического состава, концентрации, продолжительности воздействия, способности включаться в пищевые цепи, длительности воздействия. Кроме того, характер и интенсивность воздействия токсических веществ зависят от возраста, пола и индивидуальных особенностей самого человека. Необходимо также учитывать, что многие химические вещества, являющиеся нейтральными для здоровья человека, при определенных условиях (нагревание, деструкция материала) могут стать опасными и оказывать токсическое действие на организм.

Среди антропогенных источников воздействия на окружающую среду, приводящих к появлению

и накоплению опасных токсических веществ, одно из первых мест занимает транспортная отрасль.

Эксплуатация транспортных средств и работа предприятий транспортной отрасли связаны с серьезным загрязнением окружающей среды. Загрязняющие вещества, источником которых является транспорт, разнообразны по своему агрегатному состоянию, химической природе, по характеру воздействия на природную среду и здоровье человека.

Железнодорожный транспорт является одним из основных элементов техносферы. Около двух тысяч предприятий железнодорожного транспорта являются природопользователями, на долю железных дорог приходится около половины пассажирских и более 80 % грузовых перевозок. Воздействие железнодорожного транспорта на окружающую среду обусловлено строительством железных дорог, производственно-хозяйственной деятельностью предприятий, эксплуатацией подвижного состава и сжиганием топлива.

Как отрасль хозяйства железнодорожный транспорт потребляет различные природные ресурсы (топливо, электроэнергию, воду), при этом, по сравнению с автомобильным транспортом, является менее значимым загрязнителем окружающей среды, что связано с относительно низким удельным расходом топлива на единицу транспортной работы, меньшим отчуждением земель под строительство железных дорог по сравнению с автодорогами, а также широким применением электрической тяги. Не последнюю роль в оптимизации воздействия железнодорожного транспорта на биосферу и здоровье человека играет проду-



манная экологическая политика ОАО РЖД, изложенная в так называемой принятой "Экологической доктрине". Документ предусматривает разработку и реализацию экологической стратегии компании на период до 2015 г. и на перспективу до 2030 г. В рамках этой стратегии за период 2008—2011 гг. по сравнению с 2007 г. (базовым) выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников сократились на 43 %, сбросы загрязненных сточных вод в поверхностные водоемы снизились на 21 %, количество образующихся отходов сократилось на 34 %.

На железнодорожный транспорт приходится немногим более 9 % суммарных выбросов в атмосферу всеми отраслями промышленности России. Значительная часть этих выбросов (более половины) приходится на подвижной состав (маневровые и магистральные тепловозы). Большая часть подвижного состава, а также вся дорожно-строительная и ремонтная техника работает на дизельном топливе, при сжигании которого выделяются оксиды углерода и азота, углеводороды, сажа и бензапирен. Основная доля загрязнения атмосферного воздуха предприятиями железнодорожной отрасли приходится на котельные (до 90 % выбросов от стационарных источников), локомотивные и вагонные депо и шпалопропиточные заводы, которые выбрасывают в воздух до 10 тыс. т/год особо опасных токсичных веществ (нафталин, бензол, толуол и др.).

Объем сточных вод от предприятий железнодорожной отрасли составляет около 0,2 % общего водоотвода России. За счет внедрения системы оборотного водоснабжения в последние годы наблюдается стабильное снижение валового объема сточных вод от предприятий отрасли, но при этом более 20 % сточных вод сбрасывается в поверхностные водоемы и на рельеф местности, 60 % этих вод относится к недостаточно очищенным. Сточные воды железнодорожных предприятий содержат взвешенные частицы, нефтепродукты, поверхностно-активные вещества, кислоты и щелочи.

Наибольшее загрязнение почвы предприятия железнодорожной отрасли происходит за счет полиароматических углеводородов, которые образуются в результате работы двигателей тепловозов, и нефтепродуктов — следствие утечки из цистерн, неисправных котлов, при заправке колесных букс. Загрязнение почвы наблюдается на расстоянии до 5 км от железнодорожной магистрали и источников выбросов.

Воздействие предприятий железнодорожного транспорта на окружающую среду обусловлено также строительством и эксплуатацией дорог. Строительство железных дорог и дальнейшая их эксплуатация связаны не только с загрязнением окружающей среды, но и с отчуждением земель,

уничтожением ландшафтов, растительного покрова, нарушением мест обитания животных и птиц. Таким образом, происходит нарушение равновесия естественных экосистем.

Учитывая многообразие факторов влияния железнодорожного транспорта на окружающую среду, защита природных систем должна проводиться комплексно, при участии представителей самых разных специальностей, прежде всего химиков, токсикологов и экологов.

Оценка токсичности химических веществ, опасных для здоровья человека и окружающей среды, — это одна из приоритетных задач современной токсикологии. Токсикологическая оценка потенциальной опасности химических веществ от предприятий железнодорожной отрасли и подвижного состава является важнейшей задачей профилактической токсикологии. Традиционные методы гигиенического нормирования загрязняющих веществ в компонентах природной среды, широко используемые, в том числе, и на железной дороге, дают мало информации о процессах, происходящих в природных экосистемах, особенно в их биотической составляющей.

Экологическую опасность загрязнения окружающей среды следует оценивать с учетом не только характера и силы антропогенного воздействия, но и биологических свойств реагирующей системы. В связи с этим токсичность компонентов среды может быть обнаружена с помощью не только химического анализа, но и биологических методов. Это прежде всего методы биотестирования и биоиндикации.

Практическое использование биологической оценки качества среды выявило ее приоритетность, так как только такая оценка предоставляет возможность интегральной характеристики среды при всем многообразии воздействий. Кроме того, такая оценка дает характеристику здоровья среды, ее пригодности для живой природы и человека. В настоящее время сложно определить истинную причину деградации экосистем, связанную либо с естественными, либо с антропогенными факторами. Для решения этой проблемы необходима универсальная система интеграции биологической оценки состояния компонентов экосистем, пригодная и удобная для широкого использования с целью ранней диагностики любых негативных или позитивных изменений среды. Такая система оценки была разработана и предложена для использования в результате совместной работы отечественных и зарубежных экологов и названа условно "Биотест" [1].

Суть методологии "Биотеста" состоит в том, что для оценки качества среды используются не экосистемные и популяционные параметры как таковые, а показатели состояния организмов разных

видов. Этот метод позволяет уловить присутствие стрессорного воздействия раньше, чем многие обычно используемые методы. Для экологов, изучающих антропогенное воздействие на окружающую среду, наиболее интересны возможности применения методов "Биотеста", позволяющих выявлять последствия различных воздействий в любой среде обитания живых организмов. Одной из наиболее важных задач является оценка ответа организмов на присутствие специфических химических загрязнителей и физического воздействия. Как свидетельствует опыт лабораторных [2, 3] и полевых исследований [4—6], все предлагаемые методы "Биотеста" выявляют изменение состояния организма при стрессовом воздействии независимо от его природы.

Применение биотестирования имеет ряд преимуществ перед физико-химическим анализом, средствами которого часто не удается обнаружить неустойчивые соединения или количественно определить ультрамалые концентрации биотоксикантов. Нередки случаи, когда выполненный современными средствами химический анализ не показывает наличия токсикантов, тогда как использование биологических тест-объектов свидетельствует об их присутствии в исследуемой среде. Биотестирование дает возможность быстро получить интегральную оценку токсичности, что делает его весьма привлекательным при скрининговых исследованиях.

Кроме того, биотестирование сегодня рассматривается как единственная возможность определения индекса токсичности наноматериалов, которые активно внедряются в различные сферы производства, в том числе и на железнодорожном транспорте. С точки зрения химического состава они известны, но степень их влияния на биологические объекты изучена недостаточно.

Влияние железнодорожного транспорта на природные экосистемы проявляется не только в повышении загрязнения окружающей среды, но и в трансформации ландшафтов при железнодорожном строительстве, изменяющем видовой состав биоценозов. Методы биотестирования и биоиндикации позволяют дать ответ на вопрос о степени нарушений видовой структуры в экосистеме в связи с изменением естественного ландшафта.

Основа биотестирования — это исследование тест-объекта как "датчика" сигнальной информации о токсичности среды и заменителя сложных химических анализов. Тест-объекты позволяют оперативно констатировать факт токсичности (вредности) водной среды независимо от того, обусловлена ли она наличием одного аналитически определяемого вещества или целого комплекса аналитически неопределяемых веществ, какой обычно и представляют собой сточные воды.

Для биотестирования используют различные гидробионты — водоросли, микроорганизмы, беспозвоночные, рыбы. Однако существует определенная специфичность реакций тест-объекта на наличие в среде определенных загрязнителей. Так, с помощью инфузорий возможно определение ионов тяжелых металлов, но они совершенно не пригодны для обнаружения и определения анионов.

Важное условие правильного проведения биотестирования — использование генетически однородных лабораторных культур, так как они проходят проверки чувствительности, содержатся в специальных, оговоренных стандартами лабораторных условиях, обеспечивающих необходимую сходность и воспроизводимость результатов исследований, а также максимальную чувствительность к токсичным веществам.

Биотестирование используют, как правило, до химического анализа, так как этот метод позволяет провести экспресс-оценку природной или производственно загрязненной среды и выявить "горячие точки", указывающие на наиболее загрязненные участки акватории, территории или полигона.

В перспективе, кроме традиционных методов биотестирования, заслуживают внимания и специализированные биотестные методы. К ним относятся интенсивно развивающиеся за рубежом биосенсорные методы выявления водных загрязнений (либо водных вытяжек с загрязненных территорий). Конструируются электрохимические, оптические, акустические и оптико-электронные приборы, чувствительным элементом которых служат ферменты, антитела, нуклеиновые кислоты, микробные клетки, полимеры с молекулярными "отпечатками" целевых соединений. Преимуществами биосенсорных методов анализа являются их направленность на определение конкретных загрязнений (селективность) и известный диапазон выявленных в водной среде концентраций веществ.

Практически все предприятия железнодорожного транспорта в результате своей деятельности образуют качественно разнообразные сточные воды, требующие очистки перед выпуском их в природные водоемы. Однако необходимо учитывать и оценивать эффективность используемых методов и целесообразность их применения с учетом специфики производственных процессов. В этом случае именно методы биотестирования могут быть использованы для контроля качества сточных вод еще до их очистки, предваряя традиционные методы диагностики.

Методы биотестирования могут применяться для комплексной оценки степени очистки сточных вод и перед сбросом в природные объекты. Но наиболее привлекательным с экологической и экономической точки зрения являются скринин-



говые исследования степени очистки сточных вод на разных ее этапах. Использование тест-объектов на каждом этапе очистки сточных вод позволит оценить качественный и количественный состав загрязнений, эффективность применяемых на предприятии технологий и методов очистки, а также необходимость в использовании дополнительных реагентов и технологий для обеспечения нормативного качества сточных вод перед их сбросом в природную среду.

Важным практическим моментом использования этих методов является их способность дать интегральную оценку состояния природной среды при всем комплексе антропогенного воздействия. Биотест позволяет выявлять отклонение от нормы вне зависимости от конкретных причин, его вызывающих, что невозможно при использовании специфических тестов, фиксирующих последствия определенных воздействий.

Использование данного метода апробировано при оценке степени токсичности сточных вод до их очистки на некоторых предприятиях железнодорожного транспорта при изменении технологических процессов, позволяющих снизить уровень загрязнения стоков. Результаты находятся в стадии обработки, но предварительные данные позволяют оценить используемый метод как эффективный и весьма перспективный. В результате эксперимента процент выживаемости тест-объектов существенно повысился по сравнению с контрольными образцами. Это позволяет рекомендовать использование данной методики для предварительной оценки токсичности производственных сточных вод, в том числе и от предприятий железнодорожного транспорта.

Все подходы системы "Биотеста" и большинство используемых при этом методов применимы и

для оценки здоровья человека. В результате его практического применения оказывается возможным охарактеризовать опасность оцениваемой среды для работников, связанных с вредными и опасными производственными факторами [7, 8]. Большинство получаемых при этом оценок и выводов (включая характеристику общего физиологического, тератогенного, мутагенного и канцерогенного эффектов) оказывается актуальным для населения в целом.

#### Список литературы

1. **Захаров В. М., Кларк Д. М.** Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. — М.: Отделение Международного Фонда "Биотест", 1993. — 67 с.
2. **Шубик В. М.** Сочетанное действие ионизирующих излучений и токсичных химических веществ на неспецифическую защиту и иммунитет // В кн.: Актуальные вопросы радиационной гигиены. — М.: Наука, 1987. — 109 с.
3. **Bekesi J. G., Robor J. P., Fischbein A., Selikoff I. J.** Clinical immunology studies in individuals exposed to environmental chemicals// Immunotoxicology. — Martinus Nisonof Publishers, 1987. — P. 347—361.
4. **Шевченко В. А., Померанцева М. Д.** Генетические последствия действия ионизирующих излучений. — М.: Наука, 1985. — 195 с.
5. **Пронин А. В., Деева А. В., Николаева Т. Н., Зайцева Л. Г.** Оценка функциональной активности иммунной системы // В сб.: Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье среды. — М.: 1996. — С. 92—102.
6. **Zakharov V. M., Graham J. M.** Developmental stability in natural populations // Acta Zool. Fennica. — 1992. — N 191. — 200 p.
7. **Жулева Л. Ю., Дубинин Н. П.** Использование микроядерного теста для оценки экологической обстановки // Генетика. — 1994. — Т. 30, № 7. — С. 999—1004.
8. **Лугаськова Н. В.** Использование метода "Биотест" для интегральной оценки здоровья экосистем // Экология и безопасность жизнедеятельности: Сб. науч. тр. УрГУПС. — Екатеринбург, 2003. — Вып. 28 (111). — С. 94—98.

**N. V. Lugaskova**, Associate Professor, **E. B. Safronova**, Senior Lecturer, e-mail: elsafronova@mail.ru, Ural State University Railway Communications, Ekaterinburg

## Biological Methods of Evaluation the Toxicity of the Environment as a Result of the Impact of Railway Transport

*The article describes the characteristics of the sources and factors of railway transport's influence on the environment. It was described the priorities of prophylactic toxicology in a danger assessment of chemicals from railway companies. Spotted prioritize the use of biological methods to assess the quality of the environment, developed and proposed for use in the method of "Biotest".*

*During the work considered the possibility of using living organisms as test objects in evaluation the quality of wastewater from the activities of railway companies and adjusting degree of purification before release them to the environment. Method was used for the preliminary assessment of the quality of wastewater railway enterprises.*

**Keywords:** railway transport, pollution of environment, wastewater, toxicology evaluation, biological testing, bioindication, test object, skinning analysis

#### References

1. Zaharov V. M., Klark P. M. Biotest: integral'naja ocenka zdorov'ja jekosistem i ot del'nyh vidov. M.: Otdelenie Mezhdunarodnogo Fonda "Biotest", 1993. 67 p.
2. Shubik V. M. Sochetannoe dejstvie ionizirujushhih izluchenij i toksichnyh himicheskikh veshhestv na nespecificheskuju zashhitu i immunitet: V kn.: Aktual'nye voprosy radiacionnoj gmgmeny. M.: Nauka, 1987. 109 p.
3. Bekesi J. G., Robor J. P., Fischbein A., Selikoff I. J. Clinical immunology studius in individuals exposed to environmental chemicals. *Immunotoxicology*. Martinus Nisonof Publishers, 1987. P. 347—361.
4. Shevchenko V. A., Pomeranceva M. D. Geneticheskie posledstviya dejstvija ionizirujushhih izluchenij. M.: Nauka, 1985. 195 p.
5. Pronin A. V., Deeva A. V., Nikolaeva T. N., Zajceva L. G. Ocenka funkcional'noj aktivnosti immunnoi sistemy. V sb.: Posledstvija CHernobyl'skoj katastrofy: Zdorov'e sredy. M., 1996. P. 92—102.
6. Zakharov V. M., Graham J. M. Developmental stability in natural populations. *Acta Zool. Fennica*. 1992. N 191. 200 p.
7. Zhuleva L. Ju., Dubinin N. P. Ispol'zovanie mikrojadernogo testa dlja ocenki jekologicheskoy obstanovki. *Genetika*. 1994. T. 30, N 7. P. 999—1004.
8. Lugas'kova N. V. Ispol'zovanie metoda "Biotest" dlja integral'noj ocenki zdorov'ja jekosistem. *JEkologija i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*: Sb. nauch. tr. UrGUPS. Ekaterinburg, 2003. Vyp. 28 (111). P. 94—98.

УДК 331.4

**Е. И. Гаврикова**, вед. инж., e-mail: GavrE08@yandex.ru, **К. С. Лактионов**, д-р биол. наук, доц. кафедры, Орловский государственный аграрный университет

## Применение биофильтров для очистки воздуха на предприятиях агропромышленного комплекса

*Приведены данные анализа работы известных устройств для очистки воздуха и выявлены их недостатки. Рассмотрены вопросы создания установки для комплексной очистки загрязненного воздуха от органических соединений, болезнетворных микроорганизмов, запахов и пыли. Предлагаемая конструкция относится к устройствам биологической очистки преимущественно для очистки воздуха от пыли, загрязняющих органических соединений, болезнетворных микроорганизмов, запахов и может быть использована на предприятиях агропромышленного комплекса.*

**Ключевые слова:** загрязненный воздух, органические соединения, болезнетворные микроорганизмы, запах, пыль, биологический фильтр, агропромышленный комплекс

Воздушная среда оказывает решающее влияние на формирование условий труда на рабочих местах, играет важную роль в дыхании и теплообмене человека и животных. В случае нарушения требований безопасности вредные вещества при контакте с организмом человека могут вызвать отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами медицины как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

В некоторых случаях значения параметров микроклимата на рабочих местах сельскохозяйственных объектов выходят за пределы не только оптимальных, но и допустимых. Для приведения их к нормативным значениям используют воздухообмен (удаляют или разбавляют различные вредные выделения). Воздухообмен осуществляют посредством вентиляции. Подаваемый в помещение или удаляемый из него воздух очищают путем пропускания его через различные фильтры: бумажные,

масляные, матерчатые, электрические, ультразвуковые. Основными загрязнителями воздуха являются различная пыль, газообразные загрязнители (запахи, токсичные химические соединения) и органические загрязнители (вирусы, бактерии, споры грибка, плесень).

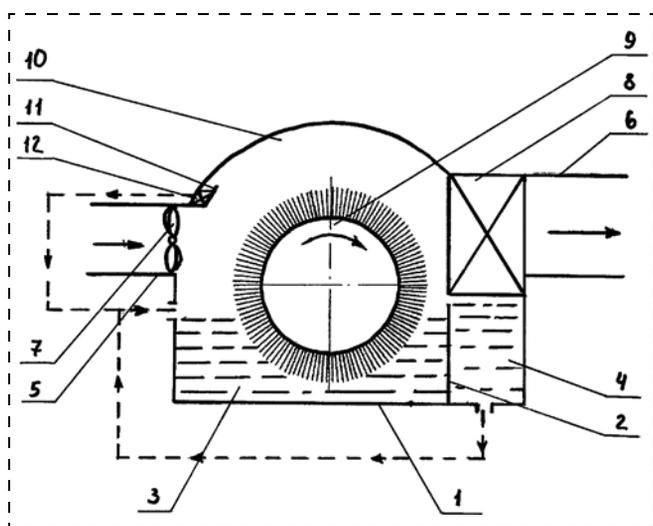
В биофильтрах очищаемый воздух пропускают через слой насадки, орошаемый жидкостью, содержащей питательные вещества, которая создает влажность, достаточную для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов [1]. Поверхность насадки покрыта биологически активной биопленкой (БП) из микроорганизмов. Микроорганизмы БП в процессе своей жизнедеятельности поглощают и разрушают содержащиеся в воздушной среде вещества. Разложение веществ происходит под действием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами в воздушной среде. Такого рода фильтры используют для дезодорации воздуха. После фильтра жидкость поступает в отстойники и далее вновь подается на орошение.



Биофильтрация успешно применяется для удаления различных запахов (сельскохозяйственных, связанных с пищевой промышленностью и переработкой канализационных стоков и пищевых отходов), дурнопахнущих неорганических веществ (сероводород, аммиак) и пр.

Известен биофильтр для очистки воздуха от загрязняющих органических веществ, содержащий корпус, носитель микроорганизмов, систему орошения носителя микроорганизмов, емкость орошающего раствора, систему подкормки микроорганизмов, подвод и отвод загрязненного воздуха, каплеуловитель для предотвращения уноса капель воды с микроорганизмами [2]. Недостатком указанного устройства является сложность конструкции системы орошения.

Еще одним техническим решением является аппарат для мокрой очистки газа, состоящий из корпуса с крышкой, частично заполненного жидкостью, включающего рабочую и отстойную камеры, и инерционного влагоотделителя. В рабочей камере данного аппарата установлен разбрызгиватель в виде барабана с упругими нитями, снабженный приводом. Промывка запыленного газового потока осуществляется при его контакте с брызгами жидкости, образующимися при срыве пленок с лопаток вращающегося колеса за счет центробежных сил [3]. Аппарат для мокрой очистки газа весьма эффективен для очистки от пыли и других частиц, но бессилен для борьбы с микроорганизмами и с запахами. Недостатком указанного устройства является невозможность очистки воздуха от загрязняющих органических соединений, болезнетворных микроорганизмов и запахов.



**Установка для микробиологической очистки воздуха:**

1 — корпус; 2 — перегородка; 3 — рабочая камера; 4 — отстойная камера; 5, 6 — патрубки соответственно для подвода загрязненного и отвода очищенного воздуха; 7 — источник подачи воздуха; 8 — биофильтр; 9 — барабан; 10 — крышка; 11 — желоб; 12 — фильтр предварительной очистки

Задачу комплексной очистки воздуха от загрязняющих органических соединений, болезнетворных микроорганизмов, запахов и пыли можно решить с помощью предлагаемой авторами [4] установки для микробиологической очистки воздуха (см. рисунок). Установка состоит из корпуса 1, выполненного в форме прямоугольной емкости и разделенного внутри перегородкой 2 на рабочую камеру 3 и отстойную камеру 4. К корпусу 1 прикреплены патрубки 5 и 6 соответственно для подвода загрязненного и отвода очищенного воздуха, которые присоединяются к воздуховоду (на рисунке не указан). На входе рабочей камеры 3 установлен источник подачи воздуха 7. В верхней части отстойной камеры 4 закреплен биофильтр 8. Внутри рабочей камеры 3 корпуса 1 установлен барабан 9 с закрепленными на его поверхности нитями, поверхность которых является лиофильной, т. е. обладает высокой степенью смачивания. Сверху корпус 1 закрыт крышкой 10, выполненной эквидистантной поверхностью барабана 9. С внутренней стороны крышки 10 корпуса 1 по всей ее ширине расположен желоб 11 с отверстием, в котором закреплен фильтр 12 предварительной очистки.

Предлагаемое устройство [4] работает следующим образом. В корпус 1 заливается жидкость до уровня, при котором барабан 9 погружается в нее примерно на треть диаметра барабана. Барабан 9 с закрепленными на нем нитями с лиофильной поверхностью приводится во вращение с помощью электропривода. Загрязненный воздушный поток подводится по патрубку 5 и проходит в пространстве между барабаном 9 и крышкой 10. В этом пространстве и осуществляется его промывка. При нахождении поверхности барабана в жидкости происходит смачивание закрепленных на ней нитей с лиофильной поверхностью. В зоне промывки загрязненного воздушного потока со смоченных нитей под действием центробежных сил происходит срыв пленок жидкости и их распад на множество мелких капель. Образующиеся капли жидкости пронизывают загрязненный воздушный поток, захватывая на своем пути частицы пыли, и осаждаются на стенке крышки 10, которая для увеличения времени контакта воздушного потока с диспергированной жидкостью выполнена в зоне промывки по цилиндрической поверхности эквидистантно поверхности барабана. Достаточно большое количество нитей на барабане, каждая из которых является источником генерации капель жидкости, обеспечивает высокую плотность орошения загрязненного воздуха. Осажденная на поверхности крышки 10 жидкость с частицами пыли за счет сил трения движущегося воздушного потока стекает в желоб 11 и через фильтр 12 предварительной очистки отводится в рабочую полость 3.

Предварительно очищенный после промывки воздух вместе с каплями жидкости попадает на по-

верхность биофильтра 8. Биофильтр заполнен природным цеолитом, смоченным культурами следующих бактерий: *Nitrosomonas*, *Pseudomonas*, *Alkaligenes*. Количество колониеобразующих единиц от массы цеолита составляет  $10^{-7}$ ,  $10^{-10}$  и  $10^{-8}$  степени соответственно. Измельченный природный цеолит представляет собой соединение со значительной удельной поверхностью, которая обладает адсорбентными свойствами по отношению к микроорганизмам. Бактерии родов *Nitrosomonas*, *Pseudomonas*, *Alkaligenes* разрушают аммиак, сероводород и меркаптаны до безвредных соединений.

Надежная работа биофильтра может быть достигнута только при равномерном орошении жидкостью его поверхности. Жидкость представляет собой питательный раствор для микроорганизмов биофильтра 8. В биофильтре происходит осаждение микроорганизмов из воздуха рабочей зоны, разложение аммиака, сероводорода, меркаптана и других сероорганических соединений под действием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами в воздушной среде. После прохождения биофильтра 8 очищенный воздух поступает в выходной патрубок 6.

Верхние, более чистые слои питательного раствора, поступающего в отстойную камеру 4 после биофильтра 8, при повышении уровня жидкости выше перегородки 2 переливаются и попадают в рабочую камеру 3. Питательный раствор, остав-

шийся в отстойной камере 4, целесообразно фильтровать и возвращать в рабочую камеру 3.

По результатам исследований степень осаждения пыли и микроорганизмов на цеолите дисперсностью 1...20 мкм составляет 35...42 %. Очистка от аммиака, сероводорода и меркаптанов — 22, 17 и 37 % соответственно. Наполнитель биофильтра требует замены каждый квартал.

Таким образом, предлагаемая конструкция позволяет очистить загрязненный воздух не только от пыли, но и от загрязняющих органических соединений, болезнетворных микроорганизмов, запахов и может быть использована в агропромышленном комплексе для нормализации условий труда внутри помещения и улучшения экологической обстановки.

#### Список литературы

1. **Яковлев С. В.** Биологические фильтры. — М.: Стройиздат, 1982. — 88 с.
2. **Свидетельство** на полезную модель РФ 36263 Биофильтр для очистки воздуха от органических загрязняющих веществ / Семин А. Г., Калгатин В. Г., Мешеряков А. В. Оpubл. 10.03.2004.
3. **Авторское свидетельство СССР** № 78895 Аппарат для мокрой очистки газа / Шербаков Л. А., Короткевич В. А., Павлечко В. Н., Собин В. М., Адамович С. И.; опубл. 07.12.82.
4. **Патент** на изобретение № 2494145 Российская федерация, МПК C12M 1/00, B01D 53/00. Установка для микробиологической очистки воздуха / Гаврикова Е. И.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО Орел ГАУ. № 2012141602; заявл. 28.09.12; опубл. 27.09.2013 // Бюл. № 27. — С. 5.

**E. I. Gavrikova**, Leading Engineer, e-mail: GavrE08@yandex.ru,  
**K. S. Laktionov**, Associate Professor, Orel State Agrarian University

## Application of Biofilters for Air Cleaning at the Works of Agro Industrial Complex

*The article gives the analysis of the work and shortcomings of famous device for air cleaning are defined. The possibility to create the equipment for cleaning the polluted air from organic compounds, pathogenic microorganisms, smells and dust are examined. The suggested equipment for microbiological air cleaning contains partially filled up with the liquid case with cover, operating chamber with a sprayer and a bio filter. The polluted air flow is cleaned from dust in the space between the sprayer and the cover. Preliminary cleaned in such a way air together with liquid drops gets on the bio filter, which reliable work can be achieved only at uniform liquid irrigation of its surface. In bio filter the process of decomposition of ammonia, hydrogen sulfide, mercaptan and other organosulfur compounds under the influence of enzymes produced by microorganisms in air environment takes place. The suggested construction is referred to the equipments of biological cleaning, primary for air cleaning from dust, pollute organic compounds, pathogenic microorganisms, smells and can be used in agro industrial complex.*

**Keywords:** air cleaning, organic compounds, pathogenic microorganisms, smells, dust are examined, bio filter, agro industrial complex

#### References

1. **Jakovlev S. V.** Biologicheskie fil'try. M.: Strojizdat, 1982. 88 p.
2. **Svidetel'stvo na poleznuju model'** RU N 36263 Biofil'tr dlja ochistki vozduha ot organicheskikh zagraznjajushhih veshhestv. Semin A. G., Kalgatin V. G., Meshherjakov A. V. Opubl. 10.03.2004.
3. **Avtorskoe svidetel'stvo JJSSR RU** 78895 Apparat dlja mokroj ochistki gaza. Shherbakov L. A., Korotkevich V. A., Pavlechko V. N., Sobin V. M., Adamovich S. I. Opubl. 07.12.82.
4. **Patent** na izobretenie N. 2494145 Rossijskaja federacija, MPK C12M 1/00, B01D 53/00. Ustanovka dlja mikirobiologicheskoi ochistki vozduha. Gavrikova E. I.; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO Orel GAU. N. 2012141602; zajavl. 28.09.12. Opubl. 27.09.2013. *Bjul.* N. 27. P. 5.



**В. В. Кирсанов**, д-р техн. наук, проф. кафедры, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева — КАИ,  
e-mail: VVKirsanov@gmail.com

## Влияние объема регенерации на эффективность биологической очистки химически загрязненных вод в аэротенках

*Представлены данные результатов исследований, выполненных в условиях эксплуатации промышленных аэротенков и регенераторов по биодеструкции производственных сточных вод крупного химического предприятия. Найден оптимальный объем регенерационной зоны трехкоридорного аэротенка с сосредоточенной подачей рециркуляционного активного ила и дифференцированной подачей сточных вод.*

**Ключевые слова:** активный ил, сточная вода, аэротенк, регенератор, биологическая очистка, регенерация, нагрузка на ил, окислительная мощность, степень окисления, загрязняющие вещества

Для стабилизации и улучшения очистки сточных вод (СВ), особенно изменяющегося состава и содержащих трудно окисляющиеся загрязнения (что характерно для производственных СВ), необходима регенерация активного ила (АИ). В соответствии с требованиями СНиП 2.04.03—85 "Канализация. Наружные сети и сооружения" при поступлении СВ с показателем биологического поступления кислорода БПК<sub>полн.</sub> = 150 мгО<sub>2</sub>/л и более, а также при наличии вредных и токсичных веществ необходимо применять регенерацию.

Регенерация заключается в аэрации активного ила без подачи вновь поступающих загрязнений (сточных вод) и осуществляется или в отдельно расположенных сооружениях — регенераторах, или в специально отведенной для этой цели части (зоне) аэротенка.

В случае осуществления регенерации в аэротенке под объем регенерационной зоны обычно отводится от 25 до 75 % общего объема аэротенка. Кроме того, объем регенерационной зоны в аэротенке может изменяться в зависимости от концентрации и токсичности загрязняющих веществ (ЗВ), степени окисления и т. д.

Практика эксплуатации промышленных аэротенков ОАО "Казаньоргсинтез" и дополнительно проведенные исследования в условиях биологической очистки производственных химзагрязненных сточных вод показали, что эффективность биоочистки значительно выше в аэротенках с регенерацией активного ила в отдельных, вынесенных за пределы аэротенков сооружениях (отдельных регенераторах), по сравнению с регенераторами, совмещенными с зоной окисления аэротенка.

Технологическое преимущество регенерации в отдельных сооружениях объясняется следующими основными причинами:

1) в отдельных регенераторах можно поддерживать более высокую концентрацию (дозу) активного

ила в 2—3 раза выше по сравнению с совмещенными сооружениями;

2) формируется специфическая микрофлора активного ила, более адаптированная к доокислению трудноокисляемых ЗВ сточных вод;

3) в отдельных регенераторах обеспечивается более стабильный во всем объеме регенератора гидродинамический и массообменный процесс между газовой фазой (кислород воздуха) и микрофлорой регенерируемого АИ (в совмещенных с аэротенками устройствах частично в массообмене участвует СВ, особенно в объеме, граничащем между зонами регенерации и окисления);

4) отдельные регенераторы обеспечивают высокую степень очистки СВ даже в случае поступления токсичных соединений;

5) регенераторы могут стать резервом работоспособных микроорганизмов активного ила в случае их лизирования (гибели) при сбросах аномальных токсичных ЗВ (в реальных условиях действующего предприятия подобные аномальные сбросы происходят чаще, чем хотелось бы).

Необходимо подчеркнуть, что несмотря на явные преимущества биоочистки с использованием регенерации АИ в отдельных регенераторах, в настоящее время при проектировании (и, соответственно, при последующем строительстве и эксплуатации) очистных устройств отдают предпочтение регенераторам, совмещенным с аэротенками.

Поэтому следующим этапом исследований по определению степени влияния аспектов, связанных с регенерацией активного ила, был анализ эффективности окисления по основному показателю, характеризующему концентрацию химически окисляемых ингредиентов ЗВ — показателю химического потребления кислорода (ХПК), при различных объемах зон регенерации в типовом аэротенке — смесителе — вытеснителе трехкоридорного типа с концентрированной подачей АИ и

дифференцированной подачей СВ биологического очистного сооружения (БОС) ОАО "Казаньоргсинтез".

Для целей исследования регенерацию активного ила проводили при двух крайних возможных объемах регенерационной зоны, предусмотренных проектным технологическим регламентом: 43 % и 4,3 % объема суммарного объема аэротенка и регенератора. Основные результаты исследований представлены в таблице, из которой видно, что эффективность биоочистки по ХПК и окислительная мощность выше при объеме регенерационной зоны, равной 43 %.

В аэротенке с максимальным объемом (43 %) регенерационной зоны надильная жидкость прозрачная, хлопья ила плотные, размеры средние, границы ила четкие. Из простейших присутствуют коловратки, раковинные амебы.

На основании полученных результатов можно сделать вывод о нецелесообразности уменьшения объема регенерационной зоны до 4,3 % и необходимости оптимизации исследуемого технологического параметра.

Далее определяли эффективность биодеструкции при объеме регенерационной зоны 27 % (среднем) и при равнозначных других биотических и абиотических параметрах — концентрации АИ, коэффициента рециркуляции АИ, концентрации растворенного кислорода, рН, концентрации биогенных элементов (азота и фосфора), температуры, ХПК и токсичности исходных сточных вод.

Пробы поступающего химстока, АИ перед аэротенками и смеси в аэротенках на ХПК,  $O_2$  по всей длине аэротенка анализировались в 30 точках. Исследованиями установлено, что из нескольких вариантов биоочистки СВ в аэротенках — смесителях — вытеснителях трехкоридорного типа с объемом регенерационной зоны в интервале 4,3...43 % лучшие результаты биоочистки по многим показателям оказались при объеме регенерационной зоны 27 % (см. таблицу).

Определение дегидрогеназной активности ила (ДАИ) при различных объемах регенерации показало, что в конце регенерационной зоны с объемом 4,3 % ДАИ значительно выше, чем в конце регенерационной зоны с объемом 27 %, на основании чего можно сделать вывод о незаконченности процесса окисления ЗВ в зоне с объемом регенерационной зоны 4,3 %.

Микроскопирование микроорганизмов АИ из регенерационной зоны с объемом 27 % показывает, что хлопья ила плотные, размеры средние, границы ила четкие, надильная жидкость прозрачная. Из простейших в АИ присутствуют коловратки, раковинные амебы.

Отсутствие корреляции между увеличением объема регенерационной зоны до максимального

#### Эффективность биологической очистки химзагрязненных сточных вод по ХПК при различных объемах регенерационной зоны

ХПК, мг $O_2$ /л		Эффективность биоочистки по ХПК, %	Нагрузка на активный ил, мг ХПК/г	Окислительная мощность, мг ХПК/(г/ч)
На входе в аэротенк	На выходе			
I. Режим биоочистки с максимальным объемом (43%) регенерационной зоны				
787	178	77,4	7,02	5,43
II. Режим биоочистки с минимальным объемом (4,3%) регенерационной зоны				
787	186	76,3	7,02	5,3
III. Режим биоочистки со средним объемом (27%) регенерационной зоны				
843	132	84,3	7,5	5,9
Примечание. Концентрация (доза) АИ в аэротенке — 5,6 г/л; коэффициент рециркуляции — 1,5				

(43 %) и увеличением эффективности биоочистки по основным показателям, скорее всего, связано с тем, что при увеличении объема регенерационной зоны уменьшается объем окисления (период аэрации) и при некотором предельно минимальном объеме зоны окисления его становится недостаточно для окисления сорбированных активным илом ЗВ данного состава сточных вод. На эффективность окисления влияет также различный возраст ила. Дополнительными исследованиями установлено, что старый ил более устойчив к изменяющимся концентрациям и составу СВ. В аэрационной (окислительной) зоне с меньшим объемом возраст ила более молодой и воздействие измененного состава СВ вызовет более длительный адаптационный период.

В любом случае, готовых стандартных "рецептов" оптимального соотношения объемов регенерации и аэрации в аэротенках, совмещающих регенерацию и сорбцию-окисление, не может быть — их необходимо подбирать технологам под конкретный состав СВ и технологические параметры, обусловленные эффективностью механической и физико-химической очистки на предыдущих стадиях.

#### Список литературы

1. **Жмур Н. С.** Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. — М.: Акварос, 2003. — 507 с.
2. **Кирсанов В. В.** Теоретические и практические аспекты биологической очистки сточных вод в аэротенках: Монография / Под ред. А. Н. Глебова. — Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2010. — 264 с.
3. **Кирсанов В. В.** Современные технико-технологические методы защиты окружающей среды. Часть I. Процессы и аппараты защиты гидросферы. — Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2013. — 496 с.



V. V. Kirsanov, Professor of Chair, Tupolev Kazan National Research Technical University, e-mail: VVKirsanov@gmail.com

## The Impact of the Size of Regeneration on the Efficiency of Biological Treatment Chemical Pollution Water in the Aeration Tanks

*There are presented the results of researches performed in the conditions of operation of industrial aeration tanks and regenerators on biodegradable industrial wastewater large chemical enterprise. Found the optimal size of regeneration zone of three-corridor aeration tank with concentrated feed recirculation of active sludge and differentiated submission of wastewater.*

**Keywords:** active sludge, waste water aeration, regenerator, biological treatment, regeneration, the load on the sludge, oxidative capacity, the degree of oxidation of pollutants

### References

1. **Zhmur N. S.** Technologicheskie i biohimicheskie processy ochistki stochnyh vod na sooruzheniyah s ajerotenkami. M.: Akvazos, 2003. 507 p.
2. **Kirsanov V. V.** Teoreticheskie i practicheskie aspekty biologicheskoy ochistki stochnyh vod v ajerotenkah:

Monografiya. Pod ref. A. N. Glebova. Kazan: Izd-vo Kazan. gos. techn. universiteta, 2010. 264 p.

3. **Kirsanov V. V.** Sovremennye tehniko-tehnologicheskie metody zashhity gidrosfery. Chast' 1. Processy i apparaty zashhity gidrosfery. Kazan: Izd-vo Kazan. gos. techn. universiteta, 2013. 496 p.

## ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ SITUATION OF EMERGENCY

УДК 725.18:351.862

**В. М. Гришагин**, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой, **А. И. Пеньков**, ст. препод., e-mail: penkov-63@mail.ru, **Р. Р. Шарафиев**, студент, Юргинский технологический институт (филиал) Томского национального исследовательского университета

## Обеспечение безопасности в образовательных учреждениях в случае возникновения чрезвычайной ситуации

*Рассматриваются отдельные вопросы организации обеспечения безопасности образовательных учреждений, охраны жизни и здоровья всех участников образовательного процесса. Причины и негативные факторы, влияющие на безопасность образовательных учреждений, отсутствие необходимой правовой и социальной информации. Разработка соответствующей ведомственной программы "Комплексная безопасность образовательного учреждения" и ее приоритетные направления в реализации Федеральной программы, обеспечивающей комплексную безопасность образовательного учреждения.*

**Ключевые слова:** безопасность образовательного учреждения, задачи Федеральной программы, повышение пожарной, электрической и технической безопасности, средства защиты органов дыхания, огнезащитный состав, паспорт личной безопасности

### Введение

Обеспечение безопасности образовательного учреждения (далее — ОУ), охрана жизни и здоровья всех участников образовательного процесса, защита их прав, а также материальных ценностей ОУ от

возможных несчастных случаев, пожаров, аварий и других чрезвычайных ситуаций (далее — ЧС) являются приоритетными направлениями образовательной политики в России. Но факты губительных пожаров в образовательных учреждениях в последние годы свидетельствуют о недостаточно серьезном от-

ношении к вопросам пожарной безопасности и остро поставили вопросы готовности персонала и учащихся к действиям по самоспасанию. Пожарная безопасность состоит из двух основных направлений: предупреждения и тушения возникшего пожара.

Актуальность проблемы обусловлена растущей динамикой опасных ситуаций в ОУ, а также высокой смертностью в этих ситуациях в России (на 10 тыс. человек в 3—4 раза выше, чем в других странах). В стране почти 30 млн обучаемых, воспитанников и педагогов, т. е. пятая часть населения, а с учетом членов их семей — более половины населения страны. Именно этим определяется место и роль безопасности ОУ в системе национальной безопасности России. Не все в порядке в РФ и с нормативной базой в области безопасности учреждений образования. Строительные нормы и правила СНиП 2.08.02—89 "Проектирование учебных комплексов и центров; высших учебных заведений; профессионально-технических, средних специальных учебных зданий и комплексов" вообще не содержат требований к зданиям по оснащению средствами пожарной защиты [1].

### Концепция безопасности образовательного пространства

С учетом мнений социологов и криминологов, комиссий по расследованию ЧС различные причины и негативные факторы (процессы и явления), действующие в ОУ, можно расположить в следующем порядке убывания их значимости и степени влияния:

- недисциплинированность и бесконтрольность персонала и учащихся;
- непонимание серьезности проблем безопасности жизнедеятельности;
- сокрытие фактов правонарушений и неприятие соответствующих мер к правонарушителям;
- неорганизованность досуга учащихся;
- слабая система безопасности и охраны ОУ;
- отсутствие необходимой правовой и социальной информации;
- недостаточные знания, умения и навыки безопасного поведения;
- поверхностное изучение педагогами реальной жизни учащихся, их интересов и контактов [1].

Как видно, комплекс причин опасностей в ОУ не может быть нейтрализован действиями в каком-либо одном направлении: правовом, экономическом, информационном, техническом или организационном.

Говоря о безопасности ОУ, необходимо вначале выяснить, что следует относить к ОУ. В соответствии с Федеральным законом от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 23.07.2013) "Об образовании", **образовательное учреждение** — это государственная, коммерческая или общественная структура, осуществляющая образовательную деятельность в рамках закона об образовании РФ [2].

Повышение уровня пожарной безопасности образовательных учреждений стало как бы отправной точкой в деле разработки Федеральной программы "Безопасность образовательного учреждения". Цель программы была определена четко: обеспечение безопасности учащихся и работников образовательных учреждений во время их трудовой и учебной деятельности путем повышения пожарной, электрической и технической безопасности зданий в образовательных учреждениях всех типов и видов на основе использования современных достижений науки и техники в этой области. Были также обозначены и ожидаемые результаты: повышение безопасности образовательных учреждений, снижение рисков возникновения пожаров, аварийных ситуаций, травматизма и гибели людей [3]. Финансировалась Программа за счет трех источников: бюджета Минобрнауки РФ, средств софинансирования (50 % на 50 %) из бюджетов органов исполнительной власти субъектов РФ и местного самоуправления, внебюджетных средств вузов [4].

Для исполнения этого документа учреждениями высшего, среднего и начального профессионального образования Федеральное агентство по образованию разработало соответствующую ведомственную программу — "Комплексная безопасность образовательного учреждения". В ней приоритетными направлениями в реализации Федеральной программы были названы:

- определение факторов и угроз безопасности;
- формирование системного подхода к комплексной безопасности;
- создание системы обучения работников и учащихся правилам пожарной безопасности и действиям в экстремальных ситуациях;
- использование качественно нового технического обеспечения для решения пожарной и антитеррористической безопасности;
- обеспечение сотрудников и учащихся средствами индивидуальной защиты (далее — СИЗ) [5].

Ну, казалось бы, продуманная Федеральная программа действительно позволит добиться реальных конечных результатов. Но большинство краевых, городских (муниципальных), районных целевых программ, как правило, сводятся в основном лишь к нескольким практическим мероприятиям по обеспечению пожарной безопасности, а именно:

- установке автоматической пожарной сигнализации и систем внутреннего и наружного оповещения о ЧС;
- обработке огнезащитным составом деревянных конструкций;
- обеспечению учреждений первичными средствами пожаротушения.

Конечно, предупреждение пожара — одна из главных составляющих Программы, но этого явно недостаточно. Как быть с проблемой спасения людей, если пожар в учебном заведении все-таки воз-



никнет? Как минимизировать возможные потери при других чрезвычайных ситуациях? Почему сотрудникам и учащимся не предоставляется шанс на выживание с использованием средств защиты и спасения? Все эти и подобные вопросы не находят отражения в местных программах. Причинами половинчатых решений в них являются: сложность осуществления всего комплекса мер по безопасности образовательных учреждений за ограниченный срок; значительные финансовые затраты; возможное недопонимание отдельными руководителями остроты проблемы безопасности.

Две основные задачи, поставленные в Федеральной программе: первая — не допустить или предотвратить пожар, вторая — если он все-таки возник, то максимально снизить риск травматизма и гибели людей [4]. Подробнее остановимся на второй из них.

Мероприятия, относящиеся к снижению риска травматизма и гибели людей, состоят в обеспечении защиты людей после возникновения пожара. При получении сигнала тревоги необходимо соблюдать алгоритм выполнения мероприятий, которые позволят значительно снизить риск травматизма и оперативно покинуть горящее здание (см. таблицу). В этой ситуации в первые 5—10 мин люди обычно вынуждены действовать самостоятельно. И единственное, что они могут сделать в первые минуты развития пожара, пока огонь не набрал большой силы, это успеть эвакуироваться.

В типовых инструкциях для ОУ на случай пожара предписывается: "...эвакуация осуществляется по установленным путям, используя основные выходы

и запасные, группами в сопровождении преподавателей. Все отсутствующие в аудитории, классе в момент объявления тревоги (находился в туалете, лаборатории, буфете и т. д.) должны самостоятельно идти к месту сбора и присоединиться к своей группе". Но возникает ряд вопросов. Как обеспечить безопасную эвакуацию из загоревшегося здания в случае задымления путей эвакуации? Может ли оставшийся в здании учащийся самостоятельно пройти к месту сбора в таких условиях?

Теми же инструкциями предусмотрено: "...по окончании переключки на месте сбора персонал учебного заведения без промедления приступает к поиску отсутствующих на проверке, проверяя помещения, где учащиеся могли спрятаться от пожара". Но каким образом преподаватели без СИЗ органов дыхания должны выполнить эту задачу в условиях задымления помещений?

Органы дыхания рекомендуется защищать от дыма влажной тканевой повязкой (платком). Повязка способна лишь слегка предохранить от раздражения носоглотку. Однако в дыму сильно раздражаются глаза, человек ничего не видит и повязкой их не защитит. Необходимо воспользоваться универсальными средствами защиты, способными защитить и органы дыхания, и органы зрения, и кожу лица — это самоспасатели. Но закупка подобных средств не предусмотрена, а если и предусмотрена, то происходит по пресловутому остаточному принципу, хотя статья 129 Правил противопожарной безопасности содержит требование по обеспечению обслуживающего персонала СИЗ органов ды-

Алгоритм выполнения мероприятий в ЮТИ ТПУ при получении сигнала тревоги

№ п/п	Выполнение мероприятий	Время											Исполнитель		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1	Получение сигнала тревоги	Ч													
2	Оповещение ЕДДС (вызов пожарной охраны МЧС)	50 с													Дежурный по учебному корпусу
3	Оповещение должностных лиц ОУ	1 мин	→												Дежурный по учебному корпусу
4	Организация эвакуации персонала и учащихся 1-го этажа	2 мин		→											Дежурный по учебному корпусу и преподаватели
5	Организация эвакуации персонала и учащихся 2-го этажа	4 мин			→										Дежурный по учебному корпусу и преподаватели
6	Встреча сотрудников пожарной охраны МЧС, прибывших по вызову, и краткий доклад о происшедшем	По прибытии				→									Дежурный по учебному корпусу или директор
7	Сбор учащихся и сотрудников в безопасном месте	5 мин					→								Преподаватель
8	Проверка наличия учащихся по спискам	6 мин						→							Преподаватель
9	Проверка наличия сотрудников переключкой	8 мин								→					Ответственный за учебный корпус
10	Доклад о наличии учащихся и сотрудников	10 мин											→		Ответственный за учебный корпус и преподаватели

хания фильтрующего действия непосредственно на рабочем месте.

Упущением в системе комплексной безопасности ОУ является отсутствие у них задач и мероприятий по обеспечению химической безопасности.

Действующие методические рекомендации и типовые планы по гражданской обороне для учебных заведений по предупреждению и ликвидации последствий ЧС природного и техногенного характера предусматривают, что из средств защиты органов дыхания используются гражданские фильтрующие противогазы ГП-5 или ГП-7, респираторы, ватно-марлевые повязки. Гражданские противогазы предохраняют только от паров, газов и аэрозолей боевых отравляющих веществ и могут использоваться только в военное время. Респираторы и ватно-марлевые повязки в состоянии кратковременно защитить от аэрозолей, а от газов и дыма они не спасут. При аварии на химически опасном объекте с выбросом, например, хлора или аммиака людей нечем защитить.

По устаревшим рекомендациям следует проводить пропитку в спецрастворах ватно-марлевых повязок для сотрудников учебных заведений и учащихся. На это мероприятие в рекомендациях отведено 30 мин с момента получения сигнала химической тревоги. А где при этом быстро взять необходимое количество свежего 2 %-ного раствора соды (при хлоре) или 5 %-ного раствора лимонной или борной кислоты (при аммиаке)? Если средняя численность учебного заведения около 500...600 человек, то в этот норматив времени никак не уложиться.

Все эти вопросы должны быть решены в ходе выполнения задачи по обеспечению безопасности образовательных учреждений. В частности, за счет оснащения их универсальными фильтрующими самоспасателями "Феникс", которые серийно выпускаются отечественной промышленностью и позволяют защищать органы дыхания от большого количества видов токсичных химических веществ (более 25, включая продукты горения) в течение не менее 20 мин. Такими свойствами сегодня не обладает ни один другой фильтрующий самоспасатель.

Вместе с тем обеспечение безопасности учащихся и сотрудников ОУ не может сводиться только к созданию системы пожарной безопасности и защите от проявлений терроризма, оно видится гораздо шире. Так, в Юргинском технологическом институте (филиале) Томского политехнического университета (далее — ЮТИ ТПУ) проблемы безопасности решаются в комплексе и на научной основе. В институте предусмотрена не только теоретическая часть обучения, но и практическая система обучения сотрудников и студентов при возникновении ЧС природного и техногенного характера.

Обучение персонала проводится во исполнение Федеральных законов от 21.12.1994 № 68-ФЗ "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" и от

12.02.1998 № 28-ФЗ "О гражданской обороне" в соответствии с Примерной программой обучения работающего населения в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, рекомендованной МЧС России. При этом существенное внимание уделяется вопросам пожарной безопасности, действиям в условиях проявления терроризма, личным действиям в различных условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Система безопасности ЮТИ ТПУ составляет совокупность методов и средств, направленных на объект угрозы с целью ее снижения, на объект защиты с целью повышения его безопасности, а также на среду между объектом угрозы и объектом защиты с целью задержания, замедления, ослабления последствий реализации угрозы.

Ниже перечислены основные виды обеспечения системы безопасности ЮТИ ТПУ.

1. Техническое обеспечение безопасности включает:

- безопасность зданий и сооружений;
- соблюдение правил эксплуатации зданий, сооружений и коммуникаций;
- технические средства охраны и безопасности института, состоящие из систем оповещения оперативных и дежурных служб (полиции, Управления ГО и ЧС по г. Юрге, пожарной службы); систем видеонаблюдения; систем передачи тревожных сигналов (так называемые тревожные кнопки вызова сотрудников полиции).

2. Охрана института, обеспечение пропускного режима включают: систему автоматического электронного допуска (СКУД — система контроля управления доступа). У каждого сотрудника и студента имеются электронные пропуска, позволяющие беспрепятственный проход через систему контроля управления доступа.

3. Обеспечение пожарной, антитеррористической, дорожной безопасности и охраны труда включают:

- пожарную безопасность (техническую пожарную безопасность, выполнение правил пожарной безопасности, соблюдение противопожарного режима);
- физическую защиту зданий и охрану института: ограждения, освещение зданий, периметров и территорий, запоры, распашные решетки на окнах, барьеры и турникеты для ограничения пропуска посетителей, шлагбаум, противотаранные устройства на подъездах к учебным корпусам и объектам института, персонал охраны, руководство и организация охраны и режима, пакет документов по организации охраны и т. д.;
- обеспечение безопасности сотрудников и студентов при возникновении ЧС;
- безопасность на дорогах (безопасность транспортных средств, безопасность персонала при пере-



возке, соблюдение правил дорожного движения всеми участниками образовательного процесса);

— охрану труда и соблюдение правил техники безопасности;

— обеспечение правопорядка, соблюдение норм и правил поведения всеми участниками образовательного процесса;

— безопасность на воде, в лесу, в походе, в быту.

Кроме того, эффективная безопасность ЮТИ ТПУ обеспечивается во взаимодействии с ГУ МЧС России по Кемеровской области, Центром по обеспечению деятельности в области защиты населения и территории Кемеровской области, с Управлениями внутренних дел и ФСБ по г. Юрге, органами местного самоуправления (согласование вопросов по проверке зданий и территории института на предмет их взрывобезопасности с использованием специалистов инженерной и кинологической служб; распределение ответственности между органами за безопасность института; обмен информацией; совместная разработка и согласование планов по защите и обеспечению антитеррористической безопасности при проведении массовых мероприятий).

В ЮТИ ТПУ в вопросах пожарной и антитеррористической безопасности особый уклон направлен на практические действия сотрудников и студентов при возникновении нештатной ситуации. Так, два раза в год (один раз в семестр) проводятся практические занятия по организации и проведению мероприятий по поддержанию устойчивости функционирования института при чрезвычайной ситуации антропогенного характера. В ходе проведения практических занятий ставятся учебные цели:

— проверить реальность "Плана действий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций";

— совершенствовать умения и навыки руководящего состава института и его структурных подразделений, а также служб по качественному выполнению мероприятий предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

— оценить готовность командиров нештатных аварийно-спасательных формирований к проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ, их умение грамотно и эффективно взаимодействовать с подразделениями Федеральной противопожарной службы и ФСБ;

— закрепить знания и навыки сотрудников и студентов в действии при возникновении нештатной или чрезвычайной ситуации;

— отработать правила поведения и действия по сигналам оповещения и при проведении эвакуации;

— определить эффективность мероприятий по поддержанию устойчивого функционирования института в условиях возникновения чрезвычайной ситуации.

К практическим занятиям привлекаются руководящий состав института; нештатные аварийно-

спасательные формирования (далее — НАСФ) (спасательная группа, группа охраны общественного порядка, добровольная пожарная дружина и санитарный пост); заведующие кафедрами, сотрудники и студенты института.

Перед проведением тренировки на объекте уточняется и, при необходимости, корректируется "План действий по предупреждению и ликвидации ЧС в ЮТИ ТПУ". Район розыгрыша основных действий тренировки — учебные корпуса ЮТИ ТПУ. Комплекс мероприятий по обеспечению устойчивого функционирования института в ЧС отрабатывается с руководящим составом и командирами НАСФ в полном объеме.

Практические занятия по вопросам безопасности в ЮТИ ТПУ сформированы поэтапно.

I этап. Организация оповещения сотрудников и студентов при угрозе возникновения или при возникновении ЧС.

II этап. Приведение в готовность органов управления и НАСФ. Организация защиты сотрудников и студентов при чрезвычайной ситуации природного и техногенного характера:

— организация и проведение эвакуации сотрудников и студентов;

— приведение в готовность № 1 органов управления и НАСФ.

III этап. Организация работы НАСФ по проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ в зоне чрезвычайной ситуации.

При проведении занятий по эвакуации с сотрудниками и студентами института широко используются все доступные средства:

— основные и запасные выходы;

— пожарные эвакуационные веревочные лестницы;

— окна первого этажа, где все решетки сделаны распашными;

— при задымлении активно используются индивидуальные средства фильтрующего действия для защиты органов дыхания, которые имеются на каждой кафедре.

По вопросам противодействия терроризму в ЮТИ ТПУ разработана согласованная с ФСБ и Управлением ГОЧС по г. Юрге инструкция по обеспечению безопасности на объектах института. Во всех учебных корпусах размещены наглядные уголки "Терроризм — угроза обществу"; все учебные корпуса без исключения оснащены камерами наружного и внутреннего видеонаблюдения и системами охранной сигнализации, а также кнопками экстренного вызова полиции (кнопками тревожной сигнализации).

Для умелого ориентирования в опасностях современного мира в ЮТИ ТПУ разработан паспорт личной безопасности сотрудника и студента в чрезвычайных ситуациях, где предложены варианты их реагирования и действий в различных кри-

тических ситуациях (радиационное, химическое и бактериологическое заражение, аварии с взрывами и пожарами, землетрясение, наводнение, лесные пожары, снежные заносы и метели, гололед, ураганы и бури, обнаружение подозрительных веществ в почтовых отправлениях, обнаружение подозрительных предметов, похожих на взрывное устройство, захват людей в заложники, аварии на автотранспорте, при потере ориентации в лесу, горах и т. п.), порядок оказания первой доврачебной медицинской помощи пострадавшим, перечень телефонов дежурно-диспетчерских оперативных служб.

Паспорт личной безопасности имеется у всех без исключения сотрудников и студентов ЮТИ ТПУ. Основными целями обеспечения комплексной безопасности в ЮТИ ТПУ являются защита сотрудников и студентов, их прав и интересов, а также имущества института от опасных воздействий; обеспечение функционирования института в штатном режиме; снижение ущерба от негативных воздействий и последствий чрезвычайных ситуаций; улучшение качества труда и отдыха, формирование и сохранение здоровья сотрудников и студентов.

### Заключение

Таким образом, необходимо реально добиться конечного результата, определенного Федеральной программой, — снижения гибели и травматизма учащихся и сотрудников образовательных учре-

ждений. Необходимо организовать в системе образования обучение и тренинг персонала учебных заведений, учащихся и студентов по безопасности, усилить подготовку и переподготовку специалистов в области пожарной безопасности, охраны труда, обучение руководящих кадров и преподавателей.

Анализ происшествий в ОУ дает основание утверждать, что любая деятельность учащихся и персонала ОУ потенциально опасна. В то же время любая деятельность может быть защищена, уменьшен риск деструктивных воздействий и опасных последствий.

Не претендуя на однозначность трактовки подхода к комплексной программе безопасности ОУ, приглашаем к обсуждению проблемы всех заинтересованных лиц.

### Список литературы

1. **Петров С. В.** Безопасность образовательного учреждения. Учебное пособие. — Новосибирск: АРТА, 2011. — С. 14—17.
2. **Федеральный закон РФ** от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 23.07.2015) "Об образовании".
3. **Приказ Минобрнауки РФ** от 17 апреля 2003 г. № 1668 "О мерах по повышению уровня пожарной безопасности образовательных учреждений".
4. **Приказ Минобрнауки РФ** от 12 января. 2004. № 31 "Об утверждении и реализации Программы Минобрнауки России на 2004—2007 годы "Безопасность образовательного учреждения".
5. **Пилипенко В. Ф.** Обеспечение комплексной безопасности образовательного учреждения: Справочник руководителя Серия: "В помощь руководителю образовательного учреждения". — М.: Центр "Школьная книга", 2009.

**V. M. Grishagin**, Head of the Chair, **A. I. Penkov**, Senior Teacher, e-mail: penkov-63@mail.ru, **R. R. Sharafiev**, Student, Yurginskij Technological Institute (branch) of Tomsk National Research University

## Security in Educational Institutions in Case of an Emergency

*Addresses selected issues of organizing security of educational institutions, the protection of life and health of all participants in the educational process. Causes and negative factors affecting the security of educational institutions, the absence of the necessary legal and social information. Development of appropriate departmental program — "Integrated Security educational institution" and its priorities for implementation of the federal program that provides comprehensive security educational institution. The purpose of the program — is to ensure the safety of students and employees of educational institutions in the course of their employment and training activities by increasing fire, electrical, and technical safety of buildings in the educational institutions of all types through the use of modern science and technology. Security concerns of students and employees of educational institutions should not be limited to a system of fire safety and protection against acts of terrorism and addressed together and on a scientific basis, which provides not only the theoretical part of the training, but also practical training system.*

**Keywords:** safety educational institution, the main tasks Federal program, increasing fire, electrical, and technical safety, respiratory protection, flame retardant wood, the primary means of fire

### References

1. **Petrov S. V.** Bezopasnost' obrazovatel'nogo uchrezhdenija. Uchebnoe posobie. Novosibirsk: ARTA, 2011. P. 14—17.
2. **Federalnyj Zakon RF** ot 29.12.2012 N. 273-F3 (red. ot 23.07.2013) "Ob obrazovanii".
3. **Priraz Minobrazovanija RF** ot 17 aprelja 2003 g. N 1668 "O merah po povysheniju urovnja pozharnoj bezopasnosti obrazovatel'nyh uchrezhdenij".
4. **Priraz Minobrazovanija RF** ot 12 janvarja. 2004. N 31. "Ob utverzhenii i realizacii Programmy Minobrazovanija Rossii na 2004—2007 gody "Bezopasnost' obrazovatel'nogo uchrezhdenija".
5. **Pilipenko V. F.** Obespechenie kompleksnoj bezopasnosti obrazovatel'nogo uchrezhdenija: Spravochnik rukovoditelja Serija: "V pomoshh' rukovoditelja obrazovatel'nogo uchrezhdenija". M.: Centr "Shkol'naja kniga", 2009.

УДК 614.841.3+614.842.618

**А. Л. Суркаев**, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой, **В. Ф. Каблов**, д-р техн. наук, проф., директор, **С. И. Благинин**, нач. сектора, e-mail: blaginin@volpi.ru, Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, **С. А. Генералов**, ген. директор, **А. П. Кабаков**, гл. конструктор, **А. Б. Кобызов**, зам. ген. директора, ООО "Научно-техническая корпорация", Волгоград

## Применение малого авиационного транспорта и современных огнезащитных материалов для создания противопожарных полос

*Рассматривается альтернативный способ создания противопожарных полос для борьбы с пожарами; превентивное создание противопожарных полос и локализация уже имеющихся очагов пожара посредством малого авиационного транспорта и распыления с борта малого воздушного судна ингибитора горения. Распыление ингибитора производится с помощью специализированного подвешного оборудования, размещенного на малом воздушном судне. Способ позволяет создать огнезащитные противопожарные полосы на земле, на грунте, в лесной и степной зоне, холмистой местности, вблизи объектов жилого, социального, промышленного и военного назначений, вдоль транспортных коммуникаций и трубопроводов в целях защиты от огня.*

**Ключевые слова:** альтернативный способ, противопожарные полосы, малый авиационный транспорт, подвешное оборудование, огнезащитные материалы

### Введение

Многочисленные пожары и возгорания, происходящие на территории регионов РФ, предполагают поиск новых способов их локализации и предотвращения с применением различных видов транспорта, техники и материалов.

Целью данной работы является рассмотрение предлагаемого авторами способа создания противопожарных полос и локализации уже имеющихся очагов пожара с помощью малого авиационного транспорта и современных огнезащитных материалов.

### Методы создания противопожарных полос

На сегодняшний день самым распространенным методом создания противопожарных полос является опашка земли вокруг лесных, промышленных и жилых объектов с целью предотвращения распространения пожара. Для этой цели привлекается тяжелая дорогостоящая строительная техника, для функционирования которой требуется достаточно ровная местность, а также немалое количество квалифицированных специалистов для управления ею. Предлагаемый способ создания противопожарных полос с "воздуха" с использова-

нием малого авиационного транспорта является альтернативой ныне применяемой "опашке". Способ экономичен, эффективен, а в некоторых случаях может быть единственным, например при создании противопожарных полос в горной местности. Применение этого способа позволяет сохранить природный ландшафт, а во многих случаях может заменить вырубку насаждений и растительности.

Распыление ингибиторов горения [1, 2] с помощью спецоборудования, размещенного на малом воздушном судне [3], позволит создать противопожарные полосы на земле, на грунте, в лесной и степной зоне, холмистой местности, вблизи объектов жилого, социального, промышленного и военного назначений, вдоль трубопроводов, транспортных коммуникаций и т. п.

### Модель технического решения

Для реализации предлагаемого способа необходимо усовершенствовать имеющийся малый авиационный транспорт: сконструировать специализированную аппаратуру для крупнокапельного (дождевого) объемного распыления, оснастить самолеты этим оборудованием, заправить аппаратуру ингибитором горения. Оснащенное такой аппаратурой (рис. 1 —

см. 2-ю стр. обложки) малое воздушное судно, пролетая на рабочей высоте около 3 м, при ширине захвата около 20 м, распыляет жидкую смесь ингибиторов горения над территорией, не охваченной огнем. Для усиления огнезащитных свойств противопожарных полос возможно многократное распыление над ней ингибиторов горения. При этом следует иметь в виду, что малому воздушному судну не требуется специализированных взлетно-посадочных полос (самолет может быть доставлен с помощью автотранспорта). Дальности полета (до 1500 км) такого самолета вполне достаточно для выполнения подобных задач.

В настоящее время имеется прототип предлагаемой к разработке аппаратуры — специализированная сертифицированная аппаратура мелкокапельного объемного распыления (рис 2 — см. 2-ю стр. обложки), разработанная и изготовленная малым предприятием и применяемая для авиационно-химических работ. Такая аппаратура используется и совершенствуется в Волгоградском регионе с 2001 г. Авиационная, инженерно-техническая и научно-техническая базы малого предприятия в Волгоградской области (далее — предприятие) и Волжского политехнического института (филиала) Волгоградского государственного технического университета (далее вуза), а также имеющиеся заделы позволяют создать необходимое укомплектованное противопожарное воздушное судно с аппаратурой для крупнокапельного распыления.

### Результаты исследований и их практическая значимость

Для выполнения НИОКР по этой схеме в настоящее время малое предприятие Волгоградской области имеет парк малого авиационного транспорта. Имеется также производство малых воздушных судов в ЮФО (Ростовская обл.). Проектирование и производство компонент для модернизации воздушного судна, изготовление специализированного навесного оборудования полностью выполняется в партнерстве предприятия и вуза. Вуз разработан и испытан огнезащитный материал — фосфорборсодержащий олигомер (ФБО). Этот материал как эффективный ингибитор горения обеспечивает огнезащитный эффект. Действие ФБО основано на уменьшении горючих продуктов распада полимера и образовании паров воды. Образующийся кокс

(рис. 3 — см. 2-ю стр. обложки) играет роль теплоизолятора и уменьшает температуру в зоне реакции. При разложении ФБО выделяются полифосфиновые кислоты, которые препятствуют доступу кислорода к источнику горения. Действие огнезащитного состава на живую среду абсолютно безопасно [4].

Значимость предлагаемого способа выражается в следующем.

1. Дооснащение частей МЧС России новым видом специализированной техники.
2. Минимизация возможности появления пожаров и их распространения.
3. Обеспечение безопасности хозяйственных объектов и населения РФ.

Кроме того, предлагаемый метод будет способствовать развитию специализированного воздушного транспорта в РФ на базе малого авиационного транспорта; загрузке машиностроительного комплекса региона производством малого авиационного транспорта, спецоборудования и материалов, а также созданию дополнительных рабочих мест.

### Список литературы

1. Каблов В. Ф., Бондаренко С. Н., Жидков А. Н., Василькова Л. А. Огнестойкое покрытие на основе карбоксиметилцеллюлозы и фосфорборсодержащего олигомера // Стратегия качества в промышленности и образовании: Сб. пленар. докл. IV междунар. конф. (Варна, Болгария, 30 мая — 6 июня 2008 г.). — Варна, 2008. — Т. 1. — Б/с.
2. Бондаренко С. Н., Каблов В. Ф., Кейбал Н. А., Крекалева Т. В. Синтез и применение фосфорборсодержащих олигомеров // Олигомеры—2009: Тез. докл. X междунар. конф. по химии и физикохимии олигомеров, Волгоград, 7—11 сентября 2009 г. / ВолгГТУ [и др.]. — Волгоград [и др.], 2009. — С. 199.
3. Каблов В. Ф., Бондаренко С. Н., Благинин С. И. Исследование возможности предотвращения пожаров и возгораний с применением малой авиации и огнезащитных материалов // Технологии, кооперация, инвестиции: [сб.] по матер. VI межрегион. науч.-практ. конф. "Взаимодействие...", посвящ. 80-летию ВолгГТУ и 45-летию ВПИ (18—19 мая 2010 г.) / ВПИ (филиал) ВолгГТУ [и др.]. — Волжский, 2010. — С. 128—129.
4. Костин В. Е., Соколова Н. А., Василькова Л. А., Бондаренко С. Н., Каблов В. Ф., Гамага В. В., Родионов С. Н. Биологическая безопасность огнезащитных составов // Матер. VII межрегион. науч.-практ. конф. "Взаимодействие предприятий и вузов по повышению эффективности производства и инновационной деятельности", г. Волжский, (19—20 мая 2011 г.) [Электронный ресурс]: тезисы докладов. — Электрон. текстовые дан. / ВПИ (филиал) ГОУ ВПО ВолгГТУ, — Волжский, 2011. — С. 115—118.



**A. L. Surkaev**, Associate Professor, **V. F. Kablov**, Professor,  
**S. I. Blagin**, Head of Section, e-mail: blagin@volpi.ru, Volgograd State Technical University, Volzhsky Polytechnic Institute (branch),  
**S. A. Generalov**, General Director, **A. P. Kabakov**, General Design Engineer,  
**A. B. Kobzyev**, Assistant General Director, "Research and Technology Corporation" LLC, Volgograd

## Using of Small Aircraft Transport and Modern Fireproofing Materials to Create Firebreaks

*Considered an alternative way to create of fireproof strips to fight fires. Preventive fireproof strips creation and localization of existing fires by small aircraft and spray with a small board the aircraft flame retardant. Spraying of the inhibitor produced by special equipment suspended, placed on a small aircraft. The method allows you to create to create a fire-retardant firebreaks strips on land, on the ground in the forest and steppe zones, hilly area near the residential, social, industrial and military purposes, and along transportation links and pipelines in order to protect against fire. The need and potential customers: MES units, forest management, airports, airlines, military units, oil and gas transportation companies, etc.*

**Keywords:** an alternative way, fire-retardant firebreaks strips, small aircraft transport, overhead equipment, fireproofing materials

### References

1. **Kablov V. F., Bondarenko S. N., Zhidkov A. N., Vasil'kova L. A.** Ognestojkoe pokrytie na osnove karboksimetilcelljulozy i fosforborsoderzhashhego oligomera. *Strategy a kachestva v promyshlennosti i obrazovanii: 4-th World Conference* (Varna, Bulgaria, 30 May — 06 June 2008) — Varna, 2008. V. 1.
  2. **Bondarenko S. N., Kablov V. F., Keybal N. A., Krekaleva T. V.** Sintez i primenenie fosforborsoderzhashhih oligomerov. *Oligomery—2009: tez. dokl. 10-s mezhdunar. konf. po himii i fizikohimii oligomerov*. Volgograd, 7—11 Sept. 2009 / VSTU. — Volgograd, 2009. — P. 199.
  3. **Kablov V. F., Bondarenko S. N., Blagin S. I.** Issledovanie vozmozhnosti predotvrashhenija pozharov i vozgo-
- ranij s primeneniem maloj aviatsii i ognезashhitnyh materialov. *Tehnologii, kooperacija, investicii: [sb.] po mater. VI mezhregion. nauch.-prakt. konf. "Vzaimodejstvie...", posvjashh. 80-letiju VSTU i 45-letiju VPI* (18—19 may 2010). VPI (branch) VSTU. Volzhsky, 2010. P. 128—129.
4. **Kablov V. F., Kostin V. E., Sokolova N. A., Vasil'kova L. A., Bondarenko S. N., Gamaga V. V., Rodionov S. N.** Biologicheskaja bezopasnost' ognезashhitnyh sostavov. *VII mezhregion. nauch.-prakt. konf. "Vzaimodejstvie predpriyatij i vuzov po povysheniju jeffektivnosti proizvodstva i innovacionnoj dejatel'nosti"*, Volzhsky (19—20 may 2011) [Elektronnyj resurs] tezisy. dokladov. — Jelektron. tekstovye dan. VPI (branch) VSTU. Volzhsky, 2011. P. 115—118.

УДК 614.841

**Д. Н. Рубцов**, канд. техн. наук, доц. кафедры, e-mail: aiaks.82@mail.ru,  
**В. В. Рубцов**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., проф. кафедры,  
**В. С. Клубань**, канд. техн. наук, доц., проф. кафедры,  
**С. В. Молчанов**, инж., доц. кафедры, Академия ГПС МЧС России, Москва,  
**Н. Н. Рубцов**, инж., препод., Ивановский институт ГПС МЧС России

## Особенности пожарной опасности нефтяных резервуаров с плавающей крышей

*В статье рассмотрены вопросы, касающиеся актуальности применения вертикальных стальных резервуаров с плавающей крышей в современной нефтегазовой отрасли. Приведен перечень причин, оказывающих существенное влияние на создание пожароопасных аварийных ситуаций на резервуарах с плавающей крышей.*

**Ключевые слова:** нефтепродукты, резервуар, плавающая крыша, взрывоопасная концентрация, пожар, аварийные ситуации

В технологии хранения нефти и нефтепродуктов важное место принадлежит резервуарам вертикальным стальным с плавающей крышей (РВСПК). Устройство на резервуарах плавающих крыш необходимо для достижения трех основных целей: повышения экономического эффекта в результате снижения потерь от испарения нефти и нефтепродуктов; повышения экологической безопасности и обеспечения пожаровзрывобезопасности.

Первые резервуары с плавающей крышей построены в США в 1920 г. Плавающая крыша Виггенса имела форму металлического диска с вертикальным бортом по периферии и жесткими связями для поддержания формы обода. В 1928 г. появляются усовершенствованные модели плавающих крыш, а в 40-х годах XX века плавающие крыши в массовом порядке стали внедряться в практику зарубежного резервуаростроения. В России первый РВСПК был построен в 1966 г. [1].

**Характеристики резервуаров с плавающей крышей различных стран**

Страна	Вместимость, тыс. м <sup>3</sup>	Размеры, м	
		Высота	Диаметр
США	240	19,5	125,0
Саудовская Аравия	240	22,0	118,0
Иран	160	17,8	109,0
Япония	150	22,3	100,1
Франция	127	22,4	88,0
Нидерланды	120	22,0	84,0
Германия	115	21,9	84,0
Россия	100	18,0	85,3
Белоруссия	75	18,0	78,2

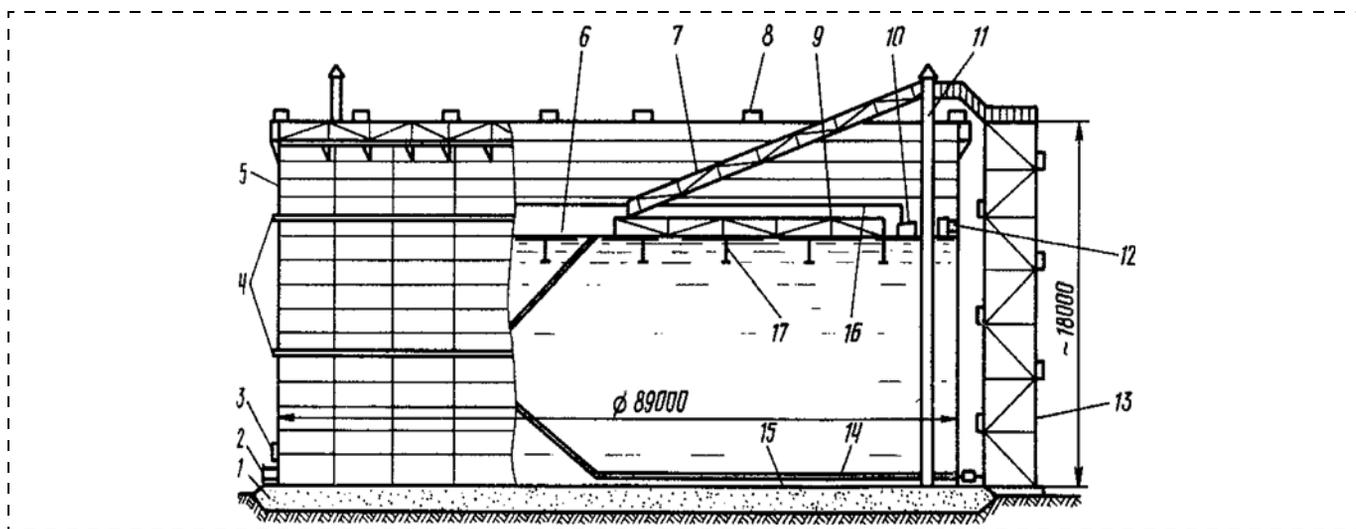
РВСПК используются преимущественно для хранения больших объемов нефти и светлых нефтепродуктов. Применение РВСПК особенно экономично на перевалочных нефтебазах с большим грузооборотом, когда резервуары часто наполняются и опорожняются. Экономический эффект достигается за счет отсутствия больших и малых "дыханий" на РВСПК, что значительно сокращает потери от испарения нефтепродуктов. В таблице представлены характеристики крупнейших мировых резервуаров с плавающей крышей.

Резервуары с плавающей крышей не имеют стационарных крыш. Плавающая крыша не соединяется с корпусом резервуара и работает как самостоятельный элемент при наполнении и опорожнении резервуара, то есть поднимается и опускается при изменении уровня жидкости в резервуаре. Верхнее положение плавающей крыши определяется уровнем взлива жидкости в резервуаре, а нижнее — фиксируется опорными стойками, которые либо прикреплены к самой крыше, либо являются стационарными опорами на днище резервуара (рис. 1).

Основные типы плавающих крыш, встречающиеся в мировой практике, приведены на рис. 2.

Плавающая крыша конструктивно выполнена в виде металлического диска со сплошным вертикальным бортом. На рис. 3 (см. 3-ю стр. обложки) представлена плавающая крыша резервуара вместимостью 50 000 м<sup>3</sup>.

В последнее время, в период реконструкции и нового строительства резервуарных парков, стремятся к увеличению вместимости резервуаров до 100 000 м<sup>3</sup> и более. С увеличением размеров резервуаров прямо пропорционально увеличивается и их



**Рис. 1. Схема вертикального стального резервуара с плавающей крышей:**

1 — основание резервуара (песчаная подушка); 2 — приемно-раздаточный патрубок с хлопушкой; 3 — узел управления с хлопушкой; 4 — кольца жесткости; 5 — стенка; 6 — металлическая мембрана; 7 — катучая лестница; 8 — пеногенераторы; 9 — опорная ферма; 10 — понтонное кольцо; 11 — направляющие стойки; 12 — затвор; 13 — шахтная лестница; 14 — трубопровод для удаления атмосферных осадков (дренаж); 15 — днище; 16 — бортик удержания пены; 17 — опорные стойки плавающей крыши

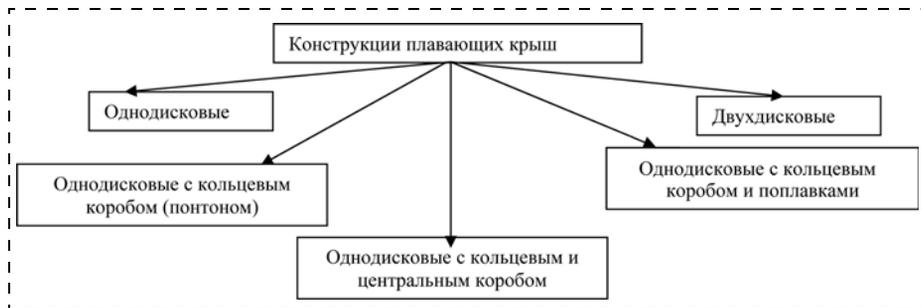


Рис. 2. Классификация плавающих крыш по типу применяемой конструкции

пожарная опасность. Многие аварийные ситуации на РВСПК приводили к пожарам. Причины возникновения пожаров на резервуарах с плавающей крышей могут быть самыми разнообразными. Остановимся на некоторых примерах, подтверждающих пожарную опасность резервуаров такой конструкции.

В резервуарном парке Московского НПЗ 8.04.1985 г. на РВСПК вместимостью 10 000 м<sup>3</sup> из-за замерзания одной из сторон плавающей крыши к стенке резервуара произошел ее перекося и затопление, вследствие чего крыша потеряла плавучесть. Движение перекошенной крыши по направляющей металлической стойке вызвало тепловой эффект и воспламенение продукта. Тушение пожара продолжалось 18 ч [2].

Пожар в РВСПК с сырой нефтью произошел 30.08.1993 г. на НПЗ в Милфорд-Хейвене (Великобритания). На крыше РВСПК были пробоины, через которые нефть растекалась пленкой по скопившейся дождевой воде. Дренажная система крыши оказалась закрытой. Пожар возник от попадания искр на плавающую крышу и продолжался 60 ч. Через 14 ч после его начала произошли три выброса горячей нефти, при этом корпус резервуара в четырех местах оторвался от днища, нефть стала вытекать на обвалованную территорию [3]. По той же причине произошел пожар в Финляндии на резервуаре с плавающей крышей [4].

В Италии в резервуаре с плавающей крышей вместимостью 2000 м<sup>3</sup> в результате взрыва соседней установки этилирования произошло воспламенение паров хранящегося продукта. Пламя в результате горения нефти достигало высоты порядка 50 м, а при сильных порывах ветра оно добралось до соседних резервуаров вместимостью 3000 и 5000 м<sup>3</sup> с мазутом и нефтью. Плавающая крыша горящего резервуара была большей частью погружена в нефть [2]. В свою очередь, погруженная в нефть плавающая крыша соз-

дает так называемые карманы, препятствующие тушению пожара. На рис. 4 (см. 3-ю стр. обложки) представлен фрагмент развившегося пожара на резервуаре с плавающей крышей.

Данные о происшедших пожарах свидетельствуют, что источники инициирования образования взрывоопасной смеси, как и появление источника зажигания, весьма разнообразны по природе своего проявления.

### Причины возникновения пожароопасных аварийных ситуаций при эксплуатации РВСПК

РВСПК в сравнении с резервуарами других конструкций обладают рядом преимуществ. Однако в ряде случаев существует определенная вероятность возникновения на них пожара. И прежде всего она связана с теми факторами, которые являются причинами пожароопасных аварийных ситуаций. На рис. 5 представлены наиболее распространенные причины возникновения пожароопасных аварийных ситуаций на РВСПК.

В процессе эксплуатации плавающая крыша испытывает неравномерную нагрузку и, главным образом, от атмосферных осадков. Затруднение движения, а иногда и отказ плавающей крыши двигаться по направляющим стойкам 11 (см. рис. 1) во время заполнения или опорожнения резервуара наиболее вероятно в зимний период. Такое явление связано в основном с перекосям настила плавающей крыши из-за неравномерного распределения снеговой нагрузки по ее поверхности и отклонения ее направляющих стоек от вертикальной оси [6].

Отрицательное влияние снеговых и дождевых осадков на плавающие крыши проявляется следующим образом:

- в зимнее время из-за неравномерности распределения намерзшей массы слоя снега или льда происходит перекося крыши с возможным ее заклиниванием на направляющих стойках и подтоплением;

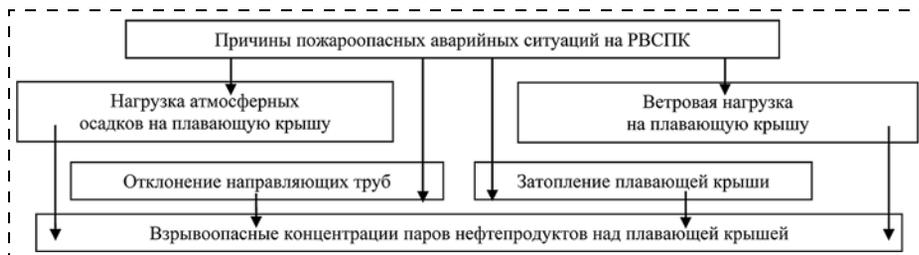


Рис. 5. Причины пожароопасных аварийных ситуаций на РВСПК

- из-за замерзания или засорения сливной горловины дренажа происходит накопление большого неравномерно-распределенного слоя дождевых осадков, что приводит к перекосу крыши с возможным зависанием и обрушением;
- из-за разгерметизации или дефекта дренажного трубопровода осадки не сливаются и образуют перегрузку плавающей крыши.

Необходимо отметить, что РВСПК не имеют паровоздушного пространства между жидкостью и плавающей крышей, в связи с чем они относятся к группе резервуаров "без давления в газовом пространстве", поэтому они, как правило, не имеют дыхательной арматуры. Однако некоторые резервуары с плавающей крышей предназначаются для нефтей, выделяющих в период эксплуатации незначительные количества газов, конденсирующихся в обычных условиях под плавающей крышей. Поэтому на таких резервуарах применяется газосборная полость, служащая для сборов этого газа и дальнейшего его удаления через дыхательную арматуру.

Следует отметить, что если под плавающей крышей скапливается газ, а на ней имеется груз в виде снега, то в этом случае сила давления газа и неравномерно распределенная снеговая нагрузка образуют силовую пару, которая будет стремиться опрокинуть плавающую крышу [6].

Под действием снеговой или дождевой нагрузки погружение плавающей крыши в нефтепродукт увеличивается. Наличие большого количества атмосферных осадков на плавающей крыше приводит также к погрешности в измерении уровня разлива нефтепродукта в резервуаре.

### **Ветровая нагрузка на плавающую крышу и корпус резервуара**

Ветровая нагрузка воздействует на корпус резервуара и на плавающую крышу. Над плавающей крышей образуется зона ветровой нагрузки. Настил плавающей крыши для резервуаров большой вместимости имеет соотношение диаметра к толщине порядка 1000...10 000. Поэтому настил плавающей крыши можно считать гибким. Ветровая нагрузка вызывает движение плавающей крыши и жидкости в резервуаре.

В районах, где преобладают сильные ветра, колебания настила крыши приводят к усталостному растрескиванию в зоне нахлестных швов. Следствием этого является выход нефти или нефтепродукта на поверхность плавающей крыши, что нежелательно, так как создает пожароопасную ситуацию, а также может вызвать потопление крыши [6]. Частота периодических колебаний давления на резервуар диаметром 80 м при скорости ветра  $0,01 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  находится в пределах 0,06...1 Гц.

Кроме того, под действием значительной ветровой нагрузки корпус резервуара с плавающей

крышей получает овальную форму. Известны случаи [7], когда кольцевой зазор между уплотнителем крыши и стенкой резервуара увеличивался до 600 мм, при этом резко возрастала загазованность над плавающей крышей.

Ветровое воздействие оказывает влияние на высоту снежного покрова на поверхности плавающей крыши, что отрицательно сказывается на эксплуатации РВСПК, о чем говорилось ранее.

Под действием ветра свежевывающий снег перемещается с заветренной стороны к наветренной. Наблюдения, сделанные на плавающей крыше во время снегопада, подтверждают это явление. В результате толщина снежного покрова увеличивается в 3—4 раза, а иногда в десятки раз [6].

### **Отклонение направляющих стоек**

Отказы в работе плавающих крыш, связанные с отклонением направляющих стоек от вертикали, могут произойти в результате отклонения стенки резервуара, причиной которого часто становится неравномерная осадка его основания. Это вызывает отклонение резервуара от первоначального положения.

Направляющие стойки плавающей крыши в верхней части жестко закреплены через смотровые площадки к стенке резервуара. При отклонении стенки от первоначального положения происходит отход направляющей стойки от вертикальной оси, а жесткая конструкция ее крепления не обеспечивает возврат в строго вертикальное положение. Во многих резервуарах имеется по две направляющие стойки, и отклонение оси одной из них по отношению к другой вызывает заклинивание между ними плавающей крыши, что в некоторых случаях приводит к ее крену с последующим зависанием.

Падение крыши после зависания может стать причиной искрообразования в зоне направляющей стойки и вызвать пожар. Поэтому на вновь сооружаемых резервуарах для стабилизации осадки грунта (в первые четыре года эксплуатации) необходимо ежегодно проводить нивелирование верха нижнего пояса на расстоянии не менее чем через 6 м, а в последующие годы — не реже одного раза в пять лет [8]. Кроме того, необходимо проверять прогиб стоек крыши, их вертикальность и смещение [9].

### **Затопление плавающей крыши**

Затопление плавающей крыши, безусловно, можно назвать предпожарной аварийной ситуацией, вызываемой определенными причинами.

При затоплении плавающей крыши поверхность находящегося в резервуаре нефтепродукта или нефти оказывается открытой, что приводит к образованию зоны взрывоопасной концентрации паров на всей площади резервуара.



Причины затопления плавающих крыш различны, например перелив нефтепродукта в резервуаре, спонтанное вскипание жидкости с высоким давлением насыщенных паров, высокие скорости закачки продукта в резервуар на начальной стадии его заполнения, смешение в резервуаре различных продуктов, а также химическое взаимодействие материала резервуара и хранящегося в нем продукта [9].

Самопроизвольное вскипание жидкостей, имеющих высокое давление насыщенных паров, приводит к их скапливанию под крышей. Крыша "вспучивается". При этом продукт начинает "пробулькивать" через боковые ограждения крыши вместе с высвобождающимися парами или переливаться через край крыши в ее нижней, погруженной в жидкость части. Это может повторяться до тех пор, пока вес скопившейся на крыше жидкости не превысит расчетного запаса плавучести, что приведет к ее затоплению [9].

Еще одной распространенной причиной затопления плавающих крыш являются прогибы корпуса резервуаров. При образовании значительного избыточного давления внутри резервуара из-за сильного прогиба корпуса может возникнуть нарушение центровки крыши и ее заклинивание, что в конечном счете может привести к затоплению.

При повреждении части уплотняющего затвора крыши может также возникнуть ее смещение, ведущее к заклиниванию и последующему затоплению крыши.

Переливы обычно возникают из-за ошибок в определении уровня жидкости в резервуарах, при неправильном переключении потока на заполненные резервуары или в связи с ошибками операторов при переключениях на трубопроводах.

Некоторые жидкости или продукты способны вступать в химическое взаимодействие с конструкционными материалами крыши, что может вызывать ее повреждения. Например, бензин, содержащий щелочь, может сильно повредить крышу, изготовленную из алюминия, а тяжелые ароматические соединения — повредить пластиковую крышу [9].

### **Взрывоопасные концентрации паров нефтепродуктов над плавающей крышей резервуара при нормальных условиях его эксплуатации**

Итоговым результатом развития рассмотренных выше причин возникновения пожароопасных аварийных ситуаций является образование концентраций паров нефтепродуктов в смеси с воздухом над плавающей крышей, способной распространять пламя. Но вместе с этим необходимо отметить, что эти события являются аварийными.

Считается, что при нормальной эксплуатации резервуара с плавающей крышей взрывоопасные концентрации над самой плавающей крышей не

образуются. Однако минимальное распределение концентрации паров нефти и нефтепродуктов на плавающей крыше есть и оно неравномерно. Как правило, наибольшая концентрация наблюдается с наветренной стороны в процессе опорожнения резервуара, при опускании плавающей крыши.

Авторами работы [5] установлено, что при хранении бензинов в РВСПК максимальная концентрация горючих паров над плавающей крышей бывает существенно ниже нижнего концентрационного предела распространения пламени. Наличие и значения концентрации паров бензина, а также их распределение в паровоздушном пространстве над плавающей крышей зависит от скорости ветра, температуры продукта и воздуха, физико-химических характеристик углеводородов и других факторов.

Одним из факторов, способствующим образованию взрывоопасных концентраций горючих паров над плавающей крышей, является наличие кольцевого зазора между плавающей крышей и стенкой резервуара. При подъеме и опускании крыши этот зазор по ряду причин может изменяться в пределах от 50 до 730 мм. Для предотвращения выхода паров из кольцевого пространства зазор перекрывают кольцевым затвором, который является одним из основных элементов конструкции плавающей крыши. В мировой практике резервуаростроения зарегистрировано свыше 300 конструкций уплотняющих затворов [1].

Рассмотренные в статье причины образования пожароопасных аварийных ситуаций являются определяющими факторами образования взрывоопасных концентраций над плавающей крышей, что формирует основные особенности пожарной опасности резервуаров такой конструкции в отличие от резервуаров со стационарной крышей и резервуаров с понтоном.

Для обеспечения пожарной безопасности РВСПК решающими направлениями в системе обеспечения пожарной безопасности являются исключение условий образования горючей среды и появления в ней источника зажигания. Реализация таких направлений должна достигаться посредством повышения требований к надежности инженерных решений защиты от источников зажигания, а также направлений защиты, основанных на предотвращении образования взрывоопасных концентраций.

Предотвращение причин возникновения пожароопасных аварийных ситуаций на РВСПК возможно достичь, используя следующие инженерно-технические мероприятия:

— применение омедненных или оцинкованных скребков в кольцевых затворах для очистки стенок резервуара от отложений нефтепродуктов;

— предотвращение попадания жидкости на плавающую крышу при самопроизвольном вски-

пании жидких углеводородов устройством бортов плавающей крыши необходимой высоты;

— укрепление корпуса резервуара для предотвращения его прогибов посредством применения колец жесткости;

— устройство надежной системы контроля за уровнем разлива для предотвращения перелива нефтепродуктов;

— применение более надежных и герметичных уплотняющих затворов;

— применение системы защиты от разрядов атмосферного и статического электричества.

#### Список литературы

1. **Денисова А. П.** Плавающие крыши вертикальных стальных резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов. Обзор. Информ. сер. "Транспорт и хранение нефти". — М.: ВНИИОЭНГ, 1989. — 60 с.

2. **Тушение** пожаров нефти и нефтепродуктов / А. Ф. Шароварников, В. П. Молчанов, С. С. Воевода, С. А. Шароварников. — М.: Издательский дом "Калан", 2002. — 448 с.
3. **Анализ** классического пожара на РВСПК // Переработка углеводородов. — 1986. — Т. 65. — № 5.
4. **Poziar** v zavode na spracovanie ropy // Pozarnik. — 1990. — Vol. 67. — N 17. — P. 14.
5. **Особенности** распределения концентрации бензиновых паров в резервуарах с плавающей крышей / А. Ф. Махов, Г. Д. Теляшева, Л. Р. Хакимьянова, Ф. М. Хафизов. // Транспорт и хранение нефтепродуктов. "Нефтяное хозяйство". — 1985. — № 9. — С. 53—55.
6. **Фатхиев Н. М.** Эксплуатация резервуаров с плавающей крышей // Обзорная информация. — М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1991. — № 4. — С. 1—88.
7. **Сучков В. П.** Актуальные проблемы обеспечения устойчивости к возникновению и развитию пожара технологии хранения нефти и нефтепродуктов // Тем. обзор. — М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1995. — № 3. — С. 1—68.
8. **Евтихин В. Ф.** Новое в проектировании, строительстве и эксплуатации резервуаров для нефти и нефтепродуктов. Тем. обзор. — М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1980. — С. 58.
9. **Томпсон Дж. С.** Аварии на резервуарах с плавающей крышей // Нефть, газ и нефтехимия за рубежом. — 1985. — № 7.

**D. N. Rubtsov**, Associate Professor of Chair, e-mail: aiaks.82@mail.ru,

**V. V. Rubtsov**, Professor of Chair, **V. S. Cluban'**, Professor of Chair,

**S. V. Molchanov**, engineer, Associate Professor of Chair, State Fire Academy of EMERCOM of Russia, Moscow, **N. N. Rubtsov**, Engineer, Teacher of Chair, Ivanovo Institute of a State Firefighting Service of EMERCOM of Russia

## Peculiarities of Fire Dangeroil Tanks with Floating Roof

*The article presents a brief historical overview of the development of vertical steel tanks with floating roof. Discuss the relevance of the application of vertical steel tanks with floating roof in the modern oil and gas industry. Presents a few examples of typical fires for vessels of this type of construction. A list of the basic reasons which have a substantial influence on the creation of a fire emergency situations on the floating roof tanks. These reasons include: the load from atmospheric precipitation; deviation guide pipes; flooding floating roof; wind load; the formation of explosive concentration of vapours of oil products over the floating roof. Each has caused the fire emergencies on the vertical steel tanks with floating roof has explanations and grounds. In the conclusion it is said that to ensure fire safety of vertical steel tanks with floating roof must exception of the conditions of formation of a combustible environment and appearance in it of the source of ignition. The implementation of such areas should be achieved through increase of requirements to reliability engineering solutions of protection from sources of ignition and protection, based on the prevention of the formation of explosive concentration.*

**Keywords:** oil products, tank, floating roof, explosive concentration, fire, emergency situation, fire safety, load, ring shutter, engineering and technical measures

#### References

1. **Denisova A. P.** Plavajushhie kryshi vertikal'nyh stal'nyh rezervuarov dlja hranenija nefi i nefteproduktov. Obzor. Inform. ser. "Transport i hranenie nefi". M.: VNIIOJeNG, 1989. 60 p.
2. **Tushenie** požarov nefi i nefteproduktov. A. F. Sharovarnikov, V. P. Molchanov, S. S. Voevoda, S. A. Sharovarnikov. M.: Izdatel'skij dom "Kalan", 2002. 448 p.
3. **Analiz** klassičeskogo požara na RVSPK. *Pererabotka uglevodorodov*. 1986. V. 65. N. 5.
4. **Poziar** v zavode na spracovanie ropy. *Pozarnik*. 1990. Vol. 67. N. 17. 14 p.
5. **Osobennosti** raspredelenija koncentracii benzinovyh parov v rezervuarah s plavajushhej kryshej / A. F. Mahov, G. D. Teljasheva, L. R. Hakim'ianova, F. M. Hafizov. *Transport*

*i hranenie nefteproduktov. "Neftianoe hozjajstvo"*. 1985. N. 9. P. 53—55.

6. **Fathiev N. M.** Jekspluatacija rezervuarov s plavajushhej kryshej. *Obzornaja informacija*. M.: CNIITJeneftehim, 1991. N. 4. P. 1—88.
7. **Suchkov V. P.** Aktual'nye problemy obespečenija ustojčivosti k vozniknoveniju i razvitiju požara tehnologij hranenija nefi i nefteproduktov. *Tem. obzor*. M.: CNIITJeneftehim, 1995. N. 3. P. 1—68.
8. **Evtihin V. F.** Novoe v proektirovanie, stroitel'stve i jekspluatácii rezervuarov dlja nefi i nefteproduktov. *Tem. obzor*. M.: CNIITJeneftehim, 1980. P. 58.
9. **Tompson Dzh. S.** Avarii na rezervuarah s plavajushhej kryshej. *Neft', gaz i neftehimija za rubezhom*. 1985. N. 7.

УДК 628.4:038:032

**В. С. Ежов**, д-р техн. наук, проф., Юго-Западный государственный университет, Курск, e-mail: vl-ezhov@yandex.ru

## Утилизация органических компонентов городских и промышленных отходов

*Рассмотрены вопросы переработки и утилизации органической части городских и промышленных отходов. Приведена инновационная технология глубокой переработки и утилизации органических отходов жизнедеятельности человеческого общества с получением пиролизного газа и других полезных продуктов.*

**Ключевые слова:** переработка, утилизация, отходы, технологическая схема, пиролизный газ, жизнедеятельность, реактор, холодильник, абсорбер, гранулятор

Проблема утилизации мусора является важнейшей экологической проблемой больших и малых городов. Вопросы утилизации отходов усугубляются также тем, что большая часть товаров народного потребления обречена на кратковременную службу человеку, а количество таких товаров неуклонно увеличивается. Кроме того, растущее количество отходов жизнедеятельности человека требует все больших и больших затрат для их нейтрализации, а нехватка средств для переработки в настоящее время характерна для многих городов нашей страны.

Исследования показывают, что состав городских твердых бытовых отходов (ТБО) примерно следующий: бумага — 41 %, стекло — 12 %, платмассы — 5 %, резина и кожа — 3 %, пищевые отходы — 21 %, железо и его сплавы — 10 %, древесина — 5 % и др. При наличии промышленных отходов состав ТБО меняется в зависимости от профиля промышленных предприятий, но органическая часть отходов остается преобладающей [1].

В нашей стране на протяжении многих лет количество отходов и мусорных свалок неуклонно возрастает, а это влечет за собой загрязнение почв, грунтовых и поверхностных вод ядовитыми веществами, ухудшение качества воздуха и, как следствие, рост заболеваний и смертности населения. Следует отметить, что решению проблемы утилизации мусора и ликвидации свалок в России начали уделять серьезное внимание примерно 15 лет назад [2], тогда как в развитых странах эти проблемы начали решать значительно раньше [3]. При этом захоронение и сжигание отходов, по мнению многих специалистов, признано бесперспективным путем решения этой проблемы, и единственно приемлемым методом ее решения является переработка отходов с максимальной их утилизацией.

Масштабное осуществление этого метода возможно путем создания отечественных серийных

промышленных предприятий, основанных на достижениях современной химической технологии, которые позволят экономически и экологически эффективно решать задачи переработки и утилизации промышленных и городских отходов. В качестве примера приведено новое техническое решение по утилизации органических компонентов городских и промышленных отходов [4]. Технологическая схема предприятия глубокой переработки и утилизации органической части городских и промышленных отходов приведена на рисунке.

Процесс утилизации органических компонентов городских и промышленных отходов осуществляется следующим образом. Предварительно отсортированные органические компоненты городских и промышленных отходов (остатки пластмассовых изделий, полиэтиленовая пленка, резина, древесные стружки, опилки и т. п.) загружаются в измельчитель 1, куда может также добавляться торф или древесные отходы (опилки) для поддержания постоянного (стабильного) состава шихты, в котором происходит измельчение не только древесных, резиновых и пластмассовых отходов, но и полиэтиленовой пленки.

После измельчения полученная неоднородная шихта подается в усреднитель 2, где в результате перемешивания образуется однородная шихта, которая поступает в шнековый подогреватель 3. В шнековом подогревателе 3, при медленном перемещении шихты сверху вниз по шнековому питателю 3а, происходит ее нагревание через стенку питателя 3а до температуры 100...120 °С горячей водой с температурой 140...150 °С, поступающей из первой ступени холодильника пиролизного газа 11 в тепловую рубашку 3б, которая охлаждается в ней до температуры 50...60 °С.

В результате нагрева и перемешивания шихты из нее испаряется вода, выделяется воздух и легкокипящие углеводороды, значительная часть ее





счет своего веса и давления, создаваемого вращающимся потоком шихты в шнековом питателе реактора 7, который выполняет функцию коксовытальщика, нагревается при этом за счет теплопередачи через стенку горячими дымовыми газами, движущимися в тепловой рубашке 8в, до температуры 500...600 °С. При этой температуре происходит интенсивное образование пиролизного газа и полукокса из гранулированной шихты, которые удаляются из пиролизной трубы 8а через живое сечение створчатого отсекавателя 8б в сборник продуктов пиролиза 9.

Полученный пиролизный газ, состоящий из водорода ( $H_2$ ), метана ( $CH_4$ ), окиси углерода ( $CO$ ), двуокиси углерода ( $CO_2$ ), кислорода ( $O_2$ ), азота ( $N_2$ ) и некоторых легкокипящих непредельных углеводородов (точный состав полученного газа определяется составом шихты, температурным режимом и скоростью ее перемещения в кожухотрубчатом реакторе 8), собирается в газовой полости 9а, откуда выводится через выходной газовый патрубок 9в и сепарационную решетку 9г, предотвращающую унос твердых частиц, в холодильник 11. Полукоксы сыпается в конический бункер 9б, откуда удаляется разгрузочно-охлаждающим шнеком, в котором при перемещении полукокса по шнеку 10а кокс охлаждается от 400...500 °С до 100...120 °С питательной водой, проходящей через тепловую рубашку 10б. Вода нагревается при этом от температуры 50...70 °С до температуры кипения при соответствующем давлении пара в котле-утилизаторе 13, куда после этого и поступает.

Горячий пиролизный газ из газосборника 9а поступает в вертикальный трехступенчатый холодильник 11, последовательно проходит все три ступени охлаждения, в которых охлаждается до конечной температуры 50...60 °С. В результате чего в нем происходит конденсация значительной части тяжелокипящих углеводородов, паров воды и других компонентов, которые образуют газовый конденсат, стекающий вниз, после чего охлажденный пиролизный газ подается в абсорбер 12. При этом каждая ступень охлаждения имеет свой цикл воды, а именно: I ступень охлаждения соединена по охлаждающей воде с тепловой рубашкой 3б шнекового подогревателя 3, образуя I замкнутый цикл (начальная и конечная температуры воды I цикла 50...60 °С и 140...150 °С, соответственно), II ступень охлаждения соединена по охлаждающей воде с тепловой сетью, образуя II замкнутый цикл (начальная и конечная температуры сетевой воды II цикла 50...60 °С и 100...110 °С соответственно), III ступень охлаждения по охлаждающей воде соединена с оборотной водой, образуя III замкнутый цикл (начальная и конечная температуры оборотной воды III цикла 25...30 °С и 50...60 °С соответственно).

В абсорбере 12 охлажденный пиролизный газ орошается водой из оросителя 12а, которая поглощает водорастворимые компоненты (кислоты, соли,

аммиак и пр.), присутствующие в нем, охлаждается при этом до температуры 25...30 °С. После чего дополнительно очищенный и охлажденный (топливный) пиролизный газ подается на сжигание в камеру сгорания 8д, а его избыток направляют к потребителю или в газгольдер (на рисунке не показан).

Одновременно из конического поддона трехступенчатого холодильника 11 газовый конденсат стекает в отстойник 14, в котором происходит его отстаивание и деление на две фракции: смолу, состоящую из тяжелокипящих углеводородов и твердых примесей, опускающуюся вниз, и воду (надсмольную воду), находящуюся в верхней зоне отстойника 14, содержащую некоторое количество водорастворимых примесей, которые удаляются на дальнейшую переработку.

Аналогично из конического поддона абсорбера 12 удаляют раствор воды, содержащей водорастворимые примеси (кислоты, соли, аммиак и пр.), уловленные из очищенного пиролизного газа после холодильника 11, и отправляют на дальнейшую переработку. В то же время дымовые газы удаляются из кожухотрубчатого реактора 8 через выходной патрубок 8г и поступают в котел-утилизатор 13, выработывающий пар или горячую воду, охлаждаются там до температуры 150...200 °С, после чего направляются на газоочистку и очищенные от вредных примесей (оксидов серы, оксидов азота и пр.) выбрасываются в атмосферу.

Смешение топливного пиролизного газа с первичным газом, имеющим в своем составе значительное количество водяных паров, смягчает режим горения, уменьшая температуру факела [5], увеличивает расход дымовых газов и уменьшает их начальную температуру на выходе из камеры сгорания 8д, что позволяет уменьшить температуру стенки пиролизной трубы 8а и местный перегрев шихты внутри нее. Тангенциальный ввод дымовых газов в тепловую рубашку 8в создает их винтообразное движение, что увеличивает время контакта и интенсивность теплопередачи. Кроме того, непрерывное перемещение шихты сверху вниз в пиролизной трубе 8а исключает образование застойных зон в слое шихты, что также обеспечивает равномерность ее прогрева.

Технологический режим непрерывного процесса пиролиза и его скорость в пиролизной трубе 8а кожухотрубчатого реактора 8 определяются и регулируются составом шихты, расходом топливного пиролизного и первичного газов, горячего воздуха в горелке камеры сгорания 8д, скоростью вращения ротора шнекового питателя 7 и площадью живого сечения створчатого отсекавателя 8б.

Аппаратом, лимитирующим производительность предприятия переработки отходов, является кожухотрубчатый реактор 8, значение диаметра пиролизной трубы 8а которого ограничено усло-

виями деструкции шихты и теплообменом между слоем шихты и топочными газами, движущимися в тепловой рубашке 8в. Поэтому производительность установки зависит от количества реакторов 8, которые группируют в батарею, причем каждый реактор 8 имеет свой шнековый подогреватель 3, дегазатор 4, экструдер 5, охладитель-гранулятор 6 и шнековый питатель 7.

Низшая теплота сгорания полученного пиролизного газа в зависимости от его состава и температурного режима процесса пиролиза может составлять 3,4...13,5 МДж/м<sup>3</sup> [6]. При этом в его составе, в связи с присутствием в шихте значительного количества пластмасс, полиэтиленовой пленки, резины, содержится значительное количество различных углеводородов (парафиновых, ароматических, предельных, непредельных и пр.), поэтому он представляет собой ценный полупродукт для получения не только топлива, но и других востребованных химических продуктов (бензола, уксусной кислоты, аммиака и др.).

### Выводы

Предлагаемая технология для утилизации органических компонентов городских и промышленных отходов, наряду с улучшением экологической ситуации в местах обезвреживания отходов, обес-

печивает полную утилизацию их наиболее опасной (органической) части с одновременным получением топливного пиролизного газа, обеспечивающего собственные нужды утилизации и посторонних потребителей, полукокса, водяного пара (для генерации электричества или технологических целей), горячей воды (для отопления и горячего водоснабжения), а также некоторых продуктов химической промышленности.

### Список литературы

1. Дрейер А. А., Сачков А. Н., Никольский К. С., Маринин Ю. И., Миронов А. В. Твердые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка. Москва, 2002 / www.musor.net/solid.html. 2002.
2. **Федеральный закон** от 24.06.1998 № 89-ФЗ "Об отходах производства и потребления".
3. Робин М. Ноль отходов ("Zero Waste") // Экология и жизнь. — 2004. — № 6 (44).
4. **Ежов В. С. Патент РФ** № 2473841 "Способ и устройство для утилизации органической части городских и промышленных отходов" // Бюл. изобр. — 2013. — № 4.
5. **Кормилицын В. И.** Факельное сжигание природного газа с подачей воды в зону горения // Физика горения и взрыва. — 1990. — № 4. — С. 50—58.
6. **Главчева М. А.** Гори, гори ясно // Инновационные технологии. Твердые бытовые отходы. — 2010. — № 6. — С. 20—28.

V. S. Yezhov, Professor, South-West State University, Kursk,  
e-mail: vl-ezhov@yandex.ru

## Utilization of Organic Components of City and Industrial Wastes

*In article questions of processing and utilization of organic part of city and industrial wastes are considered. The innovative technology of deep processing and utilization of organic waste of activity of human society is given. Utilization carry out by consecutive carrying out the following processes: crushing and mixing of organic components of city and industrial garbage with an additive of peat or wood waste; heating of the received furnace charge; furnace charge decontamination; dispergation of the decontaminated furnace charge with formation of granules; furnace charge pyrolysis due to heat of combustion of the cleared pyrolysis gas, primary gas and hot air therefore pyrolysis gas and semi-coke, cooling and purification of hot pyrolysis gas with receiving steam and hot water are formed. The offered technology, along with improvement of an ecological situation, provides full utilization of the most dangerous organic part of city and industrial wastes with simultaneous receiving fuel pyrolysis gas, semi-coke, water vapor, hot water, and also some products of the chemical industry.*

**Keywords:** processing, utilization, waste, organic part, technology, pyrolysis gas, semi-coke, water vapor, hot water, activity, reactor, granulator, copper utilizer, refrigerator, absorber

### References

1. Dreyer A. A., Sachov A. N., Nikol'skiy K. S., Marinin Yu. I., Mironov A. V. Tverdye promyshlennyye i bytovyye otkhody, ikh svoystva i pererabotka, Moskva, 2002 (www.musor.net/solid.htm.2002).
2. **Federal'nyy zakon** 24.06.1998 N. 89 FZ "Ob otkhodakh proizvodstva i potrebleniya".
3. **Robin M.** Nol' otkhodov ("Zero Waste"). *Ekologiya i zhizn.* N 6 (44). 2004.
4. **Yezhov V. S.** Patent RF № 2473841 "Sposob i ustroystvo dlya utilizatsii organicheskoy chasti gorodskikh i promyshlennykh otkhodov. *Byul. izobr.* 2013. N. 4.
5. **Kormilitsyn V. I.** Fasel'noye szhiganiye prjrodnogo gaza s podachey vody v zonu goreniya. *Fizika goreniya i vzryva.* 1990. N. 4. P. 50—58.
6. **Glavcheva M. A.** Gori, gori yasno. Innovatsionnye tekhnologii. *Tverdye bytovyye otkhody.* 2010. N. 6. P. 20—28.

УДК 616.89-008.441.44:523.98, 504.054

**Е. А. Касаткина**, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр.,  
**О. И. Шумилов**, д-р физ.-мат. наук, гл. науч. сотр., Полярный геофизический институт Кольского научного центра РАН, г. Апатиты, Мурманская обл., e-mail: oleg@arges.ru, **Т. Б. Новикова**, главный врач, Больница Кольского научного центра РАН, г. Апатиты, Мурманская обл., **А. В. Храмов**, д-р мед. наук, проф., Балтийский государственный технический университет, Санкт-Петербург

## Воздействие гелиогеофизических, социально-экономических и антропогенных факторов на динамику суицидов на Кольском Севере

*Исследована динамика суицидов в Мурманской области. Показано, что существует целый комплекс факторов (социально-экономических, гелиогеофизических, техногенных), оказывающих влияние на динамику суицидов в высоких широтах. Снижение уровня самоубийств, наблюдаемое в трех городах с 1985 по 1991 г., возможно, связано с началом проведения "антиалкогольной компании". Выявлена статистически достоверная ( $r_s = 0,8$ ;  $p = 0,005$ ) корреляционная зависимость динамики суицидов в г. Мончегорске от количества выбросов меди (Cu) комбинатом "Североникель" с 1995 по 2009 г. В результате спектрального анализа выявлены периодичности, близкие к основным циклам солнечной активности.*

**Ключевые слова:** суициды, солнечная активность, качество воды, загрязнение

### Введение

Одной из наиболее острых проблем современного общества является рост числа самоубийств во всем мире. По классификации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) уровни самоубийств подразделяют на три вида.

1. *Низкий уровень самоубийств* (до 10 человек в год на 100 тыс. населения) — Армения (2,3), Албания (1,4), Греция (0,5), Италия (0,5), Гватемала (0,5). Самый низкий уровень самоубийств отмечается в Египте.

2. *Средний уровень самоубийств* (10...20 человек в год на 100 тыс. населения) — Австралия, США.

3. *Высокий и очень высокий уровень самоубийств* (свыше 20 суицидов в год на 100 тыс. населения) — Латвия (42,5), Литва (42,1), Эстония (38,2), Венгрия (35,9).

По данным ВОЗ [1] наибольшее количество суицидов наблюдается в странах Европы, население которых относится к финно-угорской этнической группе (Эстония, Венгрия, Финляндия), а также в странах Европейской части бывшего СССР (Россия, Литва, Латвия, Белоруссия, Украина). Наименьшее число суицидов зафиксировано в странах Ближнего Востока и Латинской Америки, а также в бывших республиках Советского Союза, относящихся территориально к Северному Кавказу и Средней Азии.

Россия лидирует по количеству самоубийств, занимая второе место в мире после Литвы. В царской России в XIX столетии показатель уровня смертности от самоубийств  $I_s$  составлял 1...3 случая на 100 тыс. населения, что было значительно ниже европейских показателей [2, 3]. По данным Росстата, среди регионов России, где наблюдается наибольшее ( $I_s > 100$ ) количество самоубийств, выделяются республики Коми, Удмуртия, Ненецкий и Корякский автономные округа. Наименьшее ( $I_s < 3$ ) количество суицидов зафиксировано в республиках Северного Кавказа (Ингушетия, Дагестан, Северная Осетия) [2].

Ранее полагали, что причиной самоубийств является депрессия. По классификации, предложенной еще в 1897 г. Э. Дюркгеймом, существует три типа суицидов, связанных с различными уровнями общественной интеграции и социальных перемен [4]: 1) эгоистические (как результат ослабления связей между индивидом и обществом); альтруистические (ради действительного или мнимого блага других); анемические, происходящие в условиях социальных перемен, ведущих к нестабильности и утрате привычных социальных норм.

В настоящее время данные о психическом состоянии покончивших с собой, а также о причинах самоубийства сильно расходятся. При изучении воздействия изменений параметров внешней среды на динамику суицидов неизбежно встает вопрос об относительной роли социально-экономических (или антропогенных) и природных факторов.

Мурманская область относится к регионам с высоким уровнем самоубийств [5]. Это один из промышленно развитых и плотно заселенных регионов России, здесь широко осваиваются медно-никелевые, железистые, апатито-нефелиновые и редкоземельные руды. В то же время данный регион относится к авроральной зоне, где проявления геомагнитной активности (геомагнитные возмущения, полярные сияния, высыпания энергичных частиц) наблюдаются наиболее часто.

Целью данной работы является изучение возможной связи гелиогеофизических, антропогенных и социально-экономических факторов с распределением числа самоубийств в Мурманской области.

### Методика исследования

Исследования проводились в трех городах Мурманской области, где размещены предприятия горно-металлургического комплекса ОАО "Кольская ГМК" — комбинат "Североникель" (г. Мончегорск), а также ОАО "Апатит" (г. Кировск, г. Апатиты) — горно-химический комплекс, осуществляющий добычу и переработку апатитовых руд. В 2010 г. в Кировске проживало 28,6 тыс. человек, в Апатитах — 59,7 тыс. человек, в Мончегорске — 45,3 тыс. человек.

Для формирования базы данных использовались сведения, содержащиеся в медицинской документации, предоставленной архивами городских ЗАГСов: "Врачебных свидетельств о смерти" (форма № 106/у) и "Фельдшерских справок о смерти" (форма № 106-1/у) за период 1967—2010 гг. (для Мончегорска и Апатитов) и 1948—2010 гг. (для Кировска). Данные о среднегодовой численности населения предоставлены Территориальным органом Федеральной службы государственной статистики по Мурманской области (Мурманскстат). Данные по статистике самоубийств в различных странах взяты на сайте ВОЗ [1].

Для каждого населенного пункта вычислялись общие показатели смертности от самоубийств  $I_s$  (количество случаев на 100 тыс. населения). В связи с отсутствием данных по возрастному составу населения стандартизация показателей смертности по возрасту не проводилась. В рассматриваемом случае применение общих показателей смертности от суицидов является оправданным, так как различия в возрастных структурах сравниваемых групп населения не являются существенными [6].

Нормальность распределения анализируемых данных проверялась при помощи теста Колмогорова-Смирнова. Для определения степени сходства и различия между показателями смертности от суицидов в различных городах рассчитывался коэффициент ранговой корреляции Спирмена  $r_s$ . Статистическая значимость коэффициентов корреляции оценивалась при помощи критерия

Стьюдента. Спектральный анализ проводился при помощи метода Томсона [7] с использованием прикладных программ MATLAB.

### Социально-экономические и антропогенные факторы и суициды

Согласно общепринятому мнению количество самоубийств возрастает во время социально-экономических депрессий [4, 8]. По результатам некоторых исследований [8, 9], распад Советского Союза в 1991 г. и последующие политические и социально-экономические потрясения ("шоковая терапия", обнищание масс, безработица, неуверенность в будущем) могли привести к значительному росту суицидов в России. С другой стороны, в работах [3, 5] было показано, что социально-экономические потрясения не всегда и не везде оказывают такое значительное воздействие на уровень самоубийств, как это считалось ранее.

Например, согласно выводам в работе [5], социально-экономические потрясения начала 1990-х гг. сопровождалось ростом количества суицидов, но такие же максимумы (и даже большие по величине) наблюдались и ранее. К подобному выводу можно прийти, проанализировав данные ВОЗ: наименьшее количество суицидов наблюдается в наименее развитых в социально-экономическом отношении странах.

После распада Советского Союза, который явился достаточно сильным социально-экономическим потрясением для всех народов, проживающих на этой территории, число самоубийств в республиках Северного Кавказа и Азии по-прежнему осталось на низком уровне [3]. В то же время в бывших республиках Европейской части СССР (Россия, Украина, Белоруссия, Латвия, Литва, Эстония) в это время наблюдался рост числа самоубийств с последующим снижением их к 2000 г. [3]. Вопрос о том, что здесь явилось определяющим — географическое положение, или, может быть, этнический фактор, пока остается невыясненным. Необходимо отметить, что в ряде исследований рост суицидальной смертности в России объясняется завершением антиалкогольной кампании и ростом потребления алкоголя в 1990-е гг. [10—12].

На рис. 1 приведены вариации величины  $I_s$  в городах Кировске, Апатитах и Мончегорске Мурманской области за период 1967—2010 гг. За исследуемый период в Кировске произошло 651 самоубийство, в Апатитах — 921, в Мончегорске — 938. Сравнение вариаций показателей  $I_s$  в этих трех городах свидетельствует, что наибольший средний уровень самоубийств за исследуемый период наблюдался в городе Мончегорске ( $I_s = 39$ ) с максимумом в 1993 г. ( $I_s = 67,8$ ), наименьший средний — в г. Апатиты ( $I_s = 32$ ). Из рис. 1 видно, что с 1985 по 1991 г. наблюдалось снижение уровня самоубийств во всех исследуемых городах, причем все три кривые показывают в этот период мини-

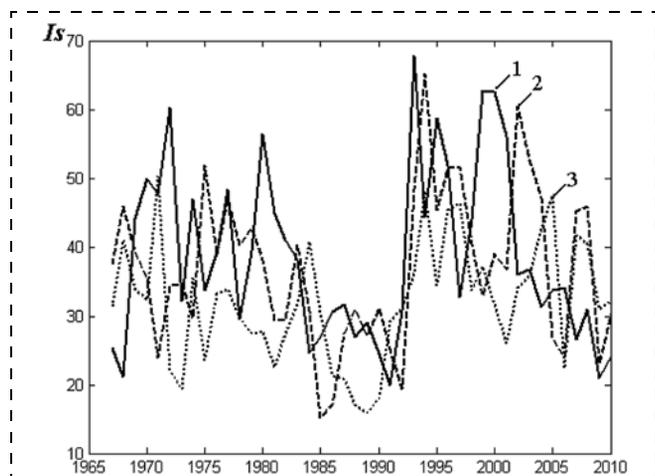


Рис. 1. Динамика общего показателя смертности  $I_s$  (число случаев на 100 тыс. населения) в г. Мончегорске (1), Кировске (2), Апатитах (3) за 1967–2010 гг.

мальные значения: г. Кировск ( $I_s = 15,2$ ), г. Апатиты ( $I_s = 15,8$ ), г. Мончегорск ( $I_s = 20$ ).

Можно предположить, что данное снижение явилось следствием начала проведения антиалкогольной кампании в 1985 г., включавшей в себя правительственные меры по снижению потребления алкоголя среди населения. Уменьшение государственной продажи алкоголя сопровождалось ростом продолжительности жизни, ростом рождаемости, сокращением смертности, в том числе и количества самоубийств, на всей территории России в 1985–1990 гг. [9–11].

В начале 1990-х гг. происходит рост самоубийств во всех трех городах Мурманской области (см. рис. 1), что соответствует динамике общей смертности в данный период на территории всей России, а также бывших республик Европейской части СССР. В ряде работ значительный рост показателя смертности в этот период объясняют социально-экономическим кризисом, возникшим после распада Советского Союза [8, 9]. В некоторых работах [12] этот скачок в динамике смертности объясняется исключительно ростом продажи алкоголя в связи с завершением антиалкогольной кампании, а не социально-экономическими потрясениями этого периода, что, по мнению авторов, является маловероятным и не подтверждается другими исследованиями [5, 8, 9]. Ниже будет показано, что при интерпретации динамики смертности от самоубийств нельзя также исключать влияние внешних естественных факторов, имеющих геологогеофизическую обусловленность.

#### Антропогенные факторы и динамика суицидов в Мурманской области

Как видно из рис. 1, динамика показателя смертности от самоубийств в г. Мончегорске значительно отличается от динамики показателей

уровня суицидов в городах Кировске и Апатиты. В то же время между кривыми самоубийств в городах Кировске и Апатиты существует статистически достоверная корреляционная связь ( $r_s = 0,46$ ,  $p = 0,005$ ). Наибольшее несоответствие динамики уровня суицидов в г. Мончегорске с вариациями этого показателя в двух других населенных пунктах наблюдается примерно с 1997 г. (см. рис. 1). Резкий рост смертности от самоубийств в г. Мончегорске, наблюдавшийся с 1997 по 2000 г. на фоне спада этого показателя в городах Кировске и Апатиты, сменился снижением показателя смертности в 2001–2010 гг. Это означает, что на уровень и динамику самоубийств в г. Мончегорске оказывает заметное влияние какой-то локальный фактор (или факторы).

В работе [13] приведены данные о том, что повышенное содержание в питьевой воде таких элементов, как Cu, Al, Zn и Li, может вызвать серьезные психические расстройства. Например, увеличение содержания Cu в организме человека является причиной возникновения болезни Вильсона, развитие которой может привести к шизофрении и, как следствие, к самоубийству [14]. Расстояние между городами Апатиты и Мончегорск составляет приблизительно 60 км, между Кировском и Мончегорском — 80 км, Кировском и Апатитами — 17 км.

Водоснабжение г. Кировска осуществляется из подземных водоисточников и характеризуется повышенным значением водородного показателя и высоким содержанием Al (более 1,5 ПДК) [15]. Города Апатиты и Мончегорск используют воду для питьевого водоснабжения из поверхностных источников. Водозабор г. Мончегорска производится из озера Монче, которое находится в зоне аэротехногенного загрязнения комбината "Североникель", а г. Апатиты — из озера Имандра, которое получает стоки от различных производств (комбината "Североникель", ОАО "Апатит", Оленегорского горно-обогатительного комбината). Согласно проведенным исследованиям концентрации Cu в питьевой воде г. Мончегорска (0,0883 мг/л) почти в 80 раз выше, чем в г. Кировске и в несколько раз превышает уровень этого элемента в питьевой воде г. Апатиты [15, 16]. Хотя превышений ПДК по содержанию этого металла в питьевой воде г. Мончегорска не наблюдалось, но ее пониженная жесткость увеличивает проникающую способность Cu и других металлов в организм человека [15, 16].

На рис. 2 приведены вариации показателя смертности от самоубийств  $I_s$  в г. Мончегорске и выбросы Cu (т/год) комбинатом "Североникель" [17] за период с 1995 по 2009 гг. Видно, что две кривые достаточно хорошо совпадают. Высокое значение коэффициента корреляции ( $r_s = 0,8$ ;  $p = 0,005$ ) подтверждает предположение о существовании зависимости динамики суицидов от ва-

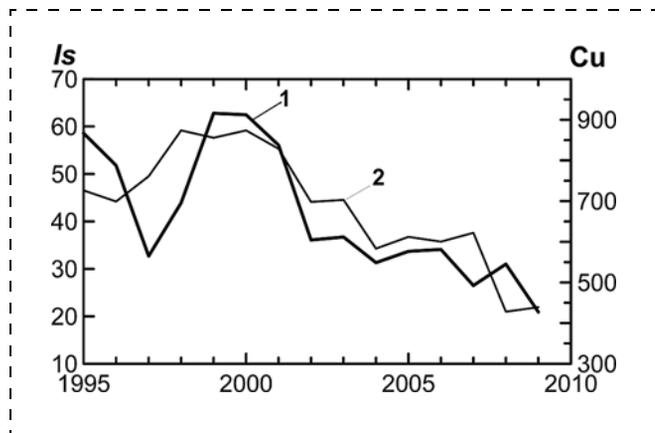


Рис. 2. Вариации общего показателя смертности  $I_s$  в г. Мончегорске (1) и выбросов Cu (т/год) комбинатом "Североникель" [17] (2) за период 1995–2009 гг.

риаций содержания Cu в питьевой воде и атмосфере г. Мончегорска, находящегося в зоне аэротехногенного загрязнения комбината "Североникель".

Исследования о влиянии техногенных загрязнений, связанных, в частности, с деятельностью медно-никелевых предприятий, на уровень и динамику суицидов ранее не проводили. При этом достаточно большое количество работ посвящено изучению причин "характерных", т. е. наиболее значимых, для данного региона заболеваний — болезней системы кровообращения и органов дыхания, мочеполовой системы и органов пищеварения, новообразований (см., например, [15, 16]). В работе [16] приведены результаты исследования о наиболее высоких показателях аккумуляции тяжелых металлов (особенно Ni, Cu, Cr, Cd и Pb) в печени и почках у жителей г. Мончегорска, что является косвенным подтверждением сделанного вывода. Во всяком случае, необходимо продолжение исследований в данной области, что позволит дополнить существующие методы диагностики ментальных заболеваний на ранней их стадии и, как следствие, снизить показатели смертности от самоубийств в зонах аэротехногенного загрязнения от предприятий по производству никеля и меди в высоких широтах.

### Гелиогеофизическая обусловленность динамики суицидов

На существование возможной зависимости заболеваний ментального характера и суицидов от гелиогеофизической активности указывают результаты ряда исследований [5, 18–21]. Как уже отмечалось выше, Мурманская область находится в высоких широтах, в зоне авроральной геомагнитной активности. В силу специфики конфигурации силовых линий геомагнитного поля высокие широты по интенсивности и пространственно-временным характеристикам гелиогеофизических факторов существенно образом отличаются от средних и

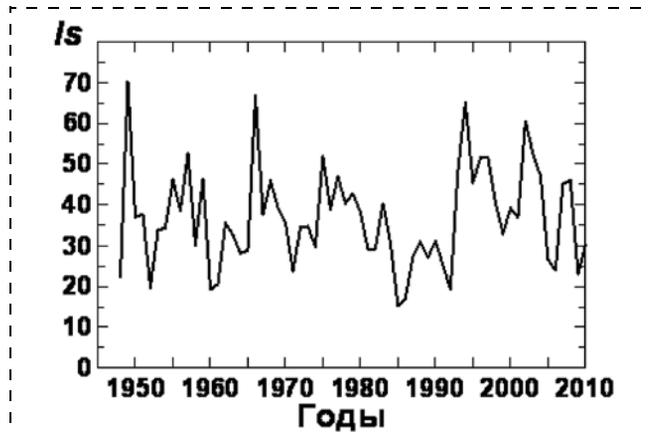


Рис. 3. Динамика общего показателя смертности  $I_s$  (число случаев на 100 тыс. населения) в г. Кировске за 1948–2010 гг.

низких широт. Здесь резко возрастает интенсивность высокоэнергичных ( $E > 450$  МэВ) протонов солнечного и галактического происхождения, УФ-излучения. Увеличивается также интенсивность и количество геомагнитных возмущений и пульсаций в широком частотном диапазоне.

На рис. 3 приведены вариации показателя смертности от самоубийств  $I_s$  в г. Кировске за период 1948–2010 гг. Следует отметить, что максимум показателя  $I_s$  в 1994 г. ( $I_s = 65,1$ ) не является единственным и самым значительным на данном временном интервале. Из рис. 3 видно, что ранее в г. Кировске наблюдались более высокие значения показателя смертности от самоубийств: в 1966 г. ( $I_s = 66,8$ ) и в 1949 г. ( $I_s = 70,3$ ). Кроме того, в вариациях показателя  $I_s$  наблюдается периодичность, близкая к 11-летнему циклу солнечной активности (см. рис. 3). Данный факт указывает на то, что, помимо социально-экономических, и другие внешние факторы могут приводить к росту числа самоубийств.

На рис. 4 приведен спектр вариаций показателя  $I_s$  для г. Кировска за период 1948–2010 гг. Видно, что в спектрах присутствуют пики, соответствующие основным циклам солнечной активности: 11 лет и 22 года. Периодичности с временными масштабами около 3 и около 2 лет близки к 3-й и 5-й гармоникам основного 11-летнего солнечного цикла, а также присутствуют в спектрах временных рядов основных индексов геомагнитной активности и метеопараметров [22]. Данные результаты не противоречат полученным ранее выводам о существовании зависимости динамики суицидов от гелиогеофизической активности [5, 18–20]. Согласно результатам, полученным в работе [5], в сезонном распределении суицидов в г. Кировске существуют три максимума (два равноденственных и июльский), совпадающие с пиками в распределении наиболее интенсивных магнитных бурь, что подтверждает их геофизическую природу.

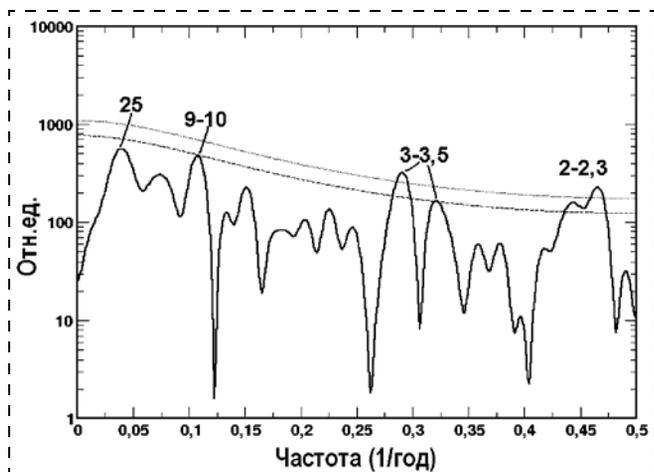


Рис. 4. Спектр вариаций показателя уровня смертности от самоубийств  $I_s$  в г. Кировске (1948—2010 гг.). Цифрами на графике обозначены периодичности (в годах). Штриховыми линиями нанесены достоверные интервалы: 90 % и 95 %

Наиболее вероятным, по мнению авторов, механизмом воздействия гелиогеофизических факторов на организм человека является способность высокоэнергичных частиц и электромагнитного излучения (УФ-излучение, рентгеновское, радиоизлучение) влиять на состояние ионосферы и верхней атмосферы и таким образом изменять частотные характеристики "шумановских резонансов" [20] во время активных процессов на Солнце (солнечные вспышки, корональные выбросы массы) и в магнитосфере Земли (магнитные бури, магнитосферные бури). Электромагнитные колебания в частотном интервале 5...60 Гц, или "шумановские резонансы", представляют собой собственные колебания резонатора Земля — ионосфера [20].

Известно, что в спектре биоэлектрической активности головного мозга человека существуют следующие основные ритмы: дельта-ритм (0,5...3,5 Гц), тета-ритм (4...7 Гц), альфа-ритм (8...13 Гц) и бета-ритм (более 14 Гц) [20]. При взаимодействиях резонансного характера может происходить синхронизация ритмов биоэлектрической активности мозга с "шумановскими резонансами", а также с вариациями геомагнитного поля или электрического поля атмосферы. Считается, что в спокойных гелиогеофизических условиях частоты изменений биопотенциалов мозга человека находятся в пределах частот "шумановских резонансов", и любое изменение ионосферных параметров и, как следствие, амплитудно-частотных характеристик "шумановских резонансов" может вызвать нарушения в работе центральной нервной системы [20].

Другой механизм, заслуживающий внимания, связан с резко возрастающим во время солнечных вспышек и магнитных бурь спорадическим (ридберговским) излучением ионосферы в микровол-

новом радиодиапазоне (с длинами волн от миллиметров до метров) [23].

Одним из важных свойств электромагнитного излучения, установленных экспериментально, является его способность влиять на секрецию мелатонина (гормона шишковидной железы, или эпифиза) — одного из важнейших регуляторов иммунной системы и биологических ритмов у животных и человека [24]. Мелатонин также выполняет функции антиоксиданта и поглотителя свободных радикалов, которые играют важную роль в механизмах канцерогенеза и старения, являясь продуктами обмена веществ в организме и следствием его взаимодействия с загрязняющими факторами окружающей среды (ионизирующая радиация, химические вещества и др.). Возможно, в высоких широтах в условиях полярного дня и полярной ночи геомагнитные возмущения, имеющие хорошо выраженный суточный ход, выполняют роль внешнего синхронизатора биологических процессов в организме человека посредством воздействия на продукцию мелатонина [23].

## Выводы

1. Предположительно на динамику суицидов в высоких широтах воздействует целый комплекс факторов (социально-экономические, гелиогеофизические и локальные техногенные). Причем эффекты от воздействия тех или иных факторов могут различаться как территориально, так и во временном масштабе.

2. В результате спектрального анализа в вариациях показателя смертности от самоубийств в Мурманской области выделены периодичности, близкие к основным циклам солнечной активности (11 лет, 22 года).

3. Проведение "антиалкогольной кампании" (1985—1988 гг.) сопровождалось снижением уровня самоубийств во всех трех городах (Мончегорске, Кировске, Апатитах) Мурманской области, что подтверждается данными статистики по сокращению общего уровня смертности населения на всей территории России за исследуемый период.

4. Уровень и динамика смертности от самоубийств в г. Мончегорске, находящемся в зоне аэротехногенного загрязнения комбината "Североникель", значительно отличается от данного показателя в гг. Кировск и Апатиты.

5. Выявлена статистически достоверная зависимость ( $r_s = 0,8$ ;  $p = 0,004$ ) динамики суицидов в г. Мончегорске от выбросов меди в атмосферу комбинатом "Североникель" за период 1995—2009 гг. Для подтверждения этого вывода необходимо продолжение исследований в данной области.

6. Полученные результаты могут быть использованы для разработки комплекса диагностических методов по профилактике и снижению уровня психических расстройств и суицидов в зонах

аэротехногенного загрязнения от предприятий по производству никеля и меди в высоких широтах.

#### Список литературы

1. **World Health Organization.** World Health Statistics. Geneva. URL: <http://www.who.int> (дата обращения 10.11.2013).
2. **Валиахметов Р., Мухамадиева Р., Хилажева Г.** Опыт социологического исследования проблемы суицида // Вестник общественного мнения. — 2010. — Т. 103. — № 1. — С. 65—89.
3. **Makinen I. H.** Suicide mortality of Eastern European regions before and after the Communist period // Social Science & Medicine. — 2006. — V. 63. — P. 307—319.
4. **Дюркегейм Э.** Самоубийство. Социологический этюд. — М.: Мысль, 1994. — 399 с.
5. **Касаткина Е. А., Шумилов О. И., Еникеев А. В., Храмов А. В.** Сравнительный анализ гелиогеофизических и социально-экономических факторов в их воздействии на уровень суицидов и смертности от сердечно-сосудистых заболеваний // Экология человека. — 2008. — № 5. — С. 52—56.
6. **Методологические положения** по статистике, выпуск 1, раздел Демографическая статистика // Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации URL: [http://www.gks.ru/BGD/free/B99\\_10/Main.htm](http://www.gks.ru/BGD/free/B99_10/Main.htm).
7. **Thomson D. J.** Spectrum estimation and harmonic analysis // Proc IEEE. — 1982. — V. 70. — P. 1055—1067.
8. **Богоявленский Д. Д.** Российские самоубийства и российские реформы // Социологические исследования. — 2002. — № 5. — С. 16—11.
9. **Семенова В. Г., Гаврилова Н. С., Варавикова Е. А., Гаврилов Л. А.** Рост насильственной смертности в России как следствие экономического кризиса // Профилактика заболеваний и укрепление здоровья. — 2000. — № 4. — С. 3—10.
10. **Немцов А. В.** Алкогольная история России: новейший период. — М.: ЛИБРОКОМ, 2009. — 320 с.
11. **Шельгин К. В., Зенин Е. Н., Буланцев И. Г.** Динамика и алкогольная обусловленность смертности от самоубийств в подростково-юношеском возрасте в Мурманской области // Экология человека. — 2013. — № 3. — С. 34—38.
12. **Bhattacharya J., Gathmann C., Miller G.** The Gorbachev anti-alcohol campaign and Russia's mortality crisis // IZA Discussion Paper. — 2012. — N6783. — 68 p.
13. **Persinger M. A.** Geopsychology and geopsychopathology: Mental processes and disorders associated with geochemical and geophysical factors // Experientia. — 1987. — V. 43. — P. 92—104.
14. **Надинская М. Ю.** Болезнь Вильсона // Русский медицинский журнал. — 2001. — № 2. — С. 39—45.
15. **Никанов А. Н., Конохов М. Л., Стрелковская Н. Ю., Инфалова Г. Л., Ефимова Т. И.** Гигиеническая оценка качества питьевой воды в районе размещения горно-химического комплекса по добыче и переработке апатит-нефелиновых руд // Питьевая вода. — 2005. — № 5. — С. 29—30.
16. **Моисеенко Т. И., Мегорский В. В., Гашкина Н. А., Кудрявцева Л. П.** Влияние загрязнения вод на здоровье населения индустриального региона Севера // Водные ресурсы. — 2010. — Т. 37. — № 2. — С. 199—208.
17. **Карначев И. П., Коклянов Е. Б., Загвоздина О. И.** Характеристика устойчивого развития в природоохранной и трудоохранной сферах деятельности промышленных предприятий Кольского Севера при освоении минерально-сырьевых ресурсов региона // Вестник МГТУ. — 2011. — Т. 14. — № 4. — С. 743—750.
18. **Серпов В. Ю., Степанова А. С., Храмов А. В., Черниченко И. И.** Особенности динамики суицидов под влиянием космофизических факторов // Экология человека. — 2006. — № 6. — С. 9—11.
19. **Berk M., Dodd S., Henry M.** Do ambient electromagnetic fields affect behaviour? A demonstration of the relationship between geomagnetic storm activity and suicide // Bioelectromagnetics. — 2006. — V. 27. — P. 151—155.
20. **Cherry N.** Schumann resonances, a plausible biophysical mechanism for the human health effects of solar/geomagnetic activity // Natural Hazards. 2002. — V. 26. — N 3. — P. 279—331.
21. **Babayev E. S., Allahverdiyeva A. A.** Effects of geomagnetic activity variations on the physiological and psychological state of functionally healthy humans: Some results of Azerbaijani studies // Advances in Space Research. — 2007. — V. 40. — P. 1941—1951.
22. **Mendoza B., Pazos M.** A 22 yr hurricane cycle and its relation with geomagnetic activity // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. — 2009. — V. 71. — P. 2047—2054.
23. **Авакян С. В., Воронин Н. А.** Возможные механизмы влияния гелиогеофизической активности на биосферу и погоду // Оптический журнал. — 2006. — Т. 73. — № 4. — С. 78—83.
24. **Weydahl A., Sothorn R. B., Comelissen G., Wetterberg L.** Geomagnetic activity influences the melatonin secretion at latitude 70 degrees N // Biomedicine & Pharmacotherapy. — 2001. — V. 55. — P. 57—62.

**Е. А. Kasatkina**, Senior Researcher, **O. I. Shumilov**, Chief Researcher, Polar Geophysical Institute, Kola Science Center RAS, Apatity, e-mail: oleg@aprec.ru, **T. B. Novikova**, Chief Medical Officer, Main Hospital, Kola Science Center RAS, Apatity, **A. V. Chramov**, Professor, Baltic State Technical University, St.-Petersburg

## Influence of Heliogeophysical, Socioeconomic and Man-Made Factors on the Dynamics of in the Kola North

*The suicide dynamics in Murmansk oblast was analyzed. Murmansk oblast is one of the industrialized regions of Russia, where copper-nickel, iron, apatite-nepheline and rare earth ores are developed and processed. On the other hand, it is located in the zone of auroral activity, where the intensity and occurrence level of geomagnetic disturbances is very high. The suicide dynamics of three towns of the Murmansk oblast (Kirovsk, Monchegorsk, Apatity) from 1967 till 2010 has been compared. It was shown that the whole complex of factors (socioeconomic, heliogeophysical and man-made) seem to influence the suicide dynamics at high latitudes. The simultaneous decrease of suicide occurrence observed at the three towns for the period 1985—1991 seemed to connect to the "anti-alcohol campaign". It was revealed the statistically significant ( $r@s = 0,8$ ;  $p = 0,005$ ) correlation dependence of suicide dynamics at Monchegorsk on amount of emissions of Cu from the biggest Russian nickel-copper smelter*



"Severonikel" for the period 1995–2009. Only Kirovsk data were available on suicide for the period 1948–2010, which allowed us to apply spectral analysis to the annual time series. Spectrum of suicide occurrence at Kirovsk showed periodicities to be closed to the main solar cycles.

**Keywords:** suicide, solar activity, geomagnetic activity, magnetic storms, socioeconomic factors, water quality, pollution, Cu emissions

#### References

1. World Health Organization. World Health Statistics. Geneva. URL: <http://www.who.int> (дата обращения 10.11.2013).
2. Valiakhmetov R., Mukhamadjeva R., Khilazheva G. Opyt sociologicheskogo issledovaniya problemy suicida. *Vestnik obshhestvennogo mneniya*. 2010. V. 103. N. 1. P. 65–89.
3. Makinen I. H. Suicide mortality of Eastern European regions before and after the Communist period. *Social Science & Medicine*. 2006. V. 63. P. 307–319.
4. Dyurkgeim E. Samoubiystvo. Sotsiologicheskij jetjud. M.: Mysl', 1994. 599 p.
5. Kasatkina E. A., Shumilov O. I., Enikeev A. V., Chramov A. V. Sravnitel'nyj analiz geliogeofizicheskikh i sociarno-jekonomicheskikh faktorov v ih vozdeistvii na uroven' suicidov i smertnosti ot serdechno-sosudistyh zabolevanij. *Jekologija cheloveka*. 2008. N. 5. P. 52–56.
6. Metodologicheskie polozhenija po statistike, vypusk 1, razdel Demograficheskaja statistika. *Federal'naja sluzhba gosudarstvennoj statistiki Rossijskoj Federacii*. URL: [http://www.gks.ru/BGD/free/B99\\_10/Main.htm](http://www.gks.ru/BGD/free/B99_10/Main.htm).
7. Thomson D. J. Spectrum estimation and harmonic analysis. *Proc IEEE*. 1982. V. 70. P. 1055–1067.
8. Bogojavlenskij D. D. Rossijskie samoubijstva i rossijskie reformy. *Sociologicheskie issledovaniia*. 2002. N. 5. P. 76–77.
9. Semenova V. G., Gavrilova N. S., Varavikova E. A., Gavrilov L. A. Rost nasil'stvennoj smertnosti v Rossii kak sledstvie jekonomicheskogo krizisa. *Profilaktika zabolevanij ukreplenie zdorov'ja*. 2000. N. 4. P. 3–10.
10. Nemcov A. V. Alkogol'naja istorija Rossii: novejsij period. M.: LIBROKOM, 2009. 320 p.
11. Shelygin K. V., Zenin E. N., Bulantsev I. G. Dinamika i alkalogol'naja obuslovlennost' smertnosti ot samoubijstv v podrostkovo-junoshekskom vozraste v Murmanskoj oblasti. *Jekologija cheloveka*. 2013. N. 3. P. 34–38.
12. Bhattacharya J., Gathmann C., Miller G. The Gorbachev anti-alcohol campaign and Russia's mortality crisis. *IZA Discussion Paper*. 2012. N. 6783. 68 p.
13. Persinger M. A. Geopsychology and geopsychopathology: Mental processes and disorders associated with geochemical and geophysical factors. *Experientia*. 1987. V. 43. P. 92–104.
14. Nadinskaja M. Ju. Bolezn' Vil'sona. *Russkij medicinskij zhurnal*. 2001. N. 2. P. 39–45.
15. Nikanov A. N., Konohov M. L., Strelkovskaja N. Ju., Anfalova G. L., Efimova T. I. Gigienicheskaja ocenka kachestva pit'evoy vody v rajone razmeshhenija gornohimicheskogo kompleksa po dobyche i pererabotke apatitnefelinovyh rud. *Pit'evaia voda*. 2005. N. 5. P. 29–30.
16. Moiseenko T. I., Megorskij V. V., Gashkina N. A., Kudrjavceva L. P. Vlijanie zagryaznenija vod na zdorov'e naselenija industrial'nogo regiona Severa. *Vodnye resursy*. 2010. V. 37. N. 2. P. 199–208.
17. Karnachev I. P., Kokljanov E. B., Zagvozdina O. I. Harakteristika ustojchivogo razvitija v prirodohrannoj i trudohrannoj sferah dejatel'nosti promyshlennyh predpriyatij Kol'skogo Severa pri osvoenii mineral'no-syr'evyh resursov regiona. *Vestnik MGTU*. 2011. V. N. 4. P. 743–750.
18. Serpov V. Ju., Stepanova A. S., Hramov A. V., Chernichenko I. I. Osobennosti dinamiki suicidov pod vlijaniem kosmofizicheskikh faktorov. *Jekologija cheloveka*. 2006. N. 6. P. 9–11.
19. Berk M., Dodd S., Henry M. Do ambient electromagnetic fields affect behaviour? A demonstration of the relationship between geomagnetic storm activity and suicide. *Bioelectromagnetics*. 2006. V. 27. P. 151–155.
20. Cherry N. Schumann resonances, a plausible biophysical mechanism for the human health effects of solar/geomagnetic activity. *Natural Hazards*. 2002. V. 26, N. 3. P. 279–331.
21. Babayev E. S., Allahverdiyeva A. A. Effects of geomagnetic activity variations on the physiological and psychological state of functionally healthy humans: Some results of Azerbaijani studies. *Advances in Space Research*. 2007. V. 40. P. 1941–1951.
22. Mendoza B., Pazos M. A 22 yr hurricane cycle and its relation with geomagnetic activity. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*. 2009. V. 71. P. 2047–2054.
23. Avakjan S. V., Voronin N. A. Vozmozhnye mehanizmy vlijamija geliogeofizicheskoy aktivnosti na biosferu i pogodu. *Opticheskij zhurnal*. 2006. V. 73, N. 4. P. 78–83.
24. Weydahl A., Sothorn R. B., Cornelissen G., Wetterberg L. Geomagnetic activity influences the melatonin secretion at latitude 70 degrees N. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. 2001. V. 55. P. 57–62.

#### Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

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

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

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

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

Дизайнер Т. Н. Погорелова.

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

Сдано в набор 02.07.14. Подписано в печать 13.08.14. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ914. Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Оригинал-макет ООО "Авансед солюшнз".

Отпечатано в ООО "Авансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1.