

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
SCIENTIFIC, PRACTICAL AND EDUCATIONAL-METHODICAL MAGAZIN

# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ LIFE SAFETY

Издается с января 2001 г.

10(154)  
2013

## Редакционный совет:

АКИМОВ В. А., д.т.н., проф.  
БАЛЫХИН Г. А., д.э.н.  
БЕЛОВ С. В., д.т.н., проф.  
ГРИГОРЬЕВ С. Н., д.т.н., проф.  
ЗАЛИХАНОВ М. Ч., акад. РАН,  
д.т.н., проф. (председатель)  
КЛИМКИН В. И., к.т.н.  
КОТЕЛЬНИКОВ В. С., д.т.н.,  
проф.  
ПАВЛИХИН Г. П., д.т.н., проф.  
СОКОЛОВ Э. М., д.т.н., проф.  
ТЕТЕРИН И. М., д.т.н.  
ТИШКОВ К. Н., к.т.н., проф.  
УШАКОВ И. Б., чл.-корр. РАН,  
д.т.н., проф.  
ФЕДОРОВ М. П., чл.-корр. 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.  
ИВАНОВ Н. И., д.т.н., проф.  
КАЛЕДИНА Н. О., д.т.н., проф.  
КАЧАНОВ С. А., д.т.н., проф.  
КАЧУРИН Н. М., д.т.н., проф.  
КЛЕЙМЕНОВ А. В. д.т.н.  
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н., д.т.н.,  
проф.  
КСЕНОФОНТОВ Б. С., д.т.н.,  
проф.  
КУКУШКИН Ю. А., д.т.н., проф.  
ЛУЩИ С., проф. (Италия)  
МАЛАЯН К. Р., к.т.н., проф.  
МАСТРЮКОВ Б. С., д.т.н., проф.  
МАТЮШИН А. В., д.т.н.  
МИНЬКО В. М., д.т.н., проф.  
МИРОВИЧ Э. Г., к.ф.-м.н., проф.  
ПАНАРИН В. М., д.т.н., проф.  
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н.,  
проф.  
ФРИДЛАНД С. В., д.т.н., проф.  
ХАБАРОВА Е. И., д.х.н., доц.  
ЦЗЯН МИЦЗЮНЬ, проф. (Китай)  
ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Цукерников И. Е., Хасс Р. (ур. Карле), Аистов В. А. Соотношения для инженерных расчетов шумовых характеристик железнодорожного транспорта . . . . . 2
- Куранов П. Н. Обоснование принципа наилучших доступных технологий в градопромышленной гидрогеоэкологии . . . . . 5
- Андреанова М. Ю., Рябухин О. А., Чусов А. Н. Исследование флуориметрических характеристик нефтесодержащих отходов для разработки средств их мониторинга. . . . . 9
- Андрюшкин А. Ю. Повышение однородности водно-топливных эмульсий, применяемых в экологически безопасных технологиях их сжигания . . . . . 13
- Мухамадеева А. И., Кирлан С. А., Шахова Ф. А., Ягафарова Г. Г., Кантор Е. А. Прогнозирование ориентировочно безопасных уровней воздействия и биотестирование бутилнафталинсульфоокислоты, 2-гуанидинобензимидазола, N,N-тетраметилметилendiамина и 2-аминобензимидазола. . . . . 19

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

- Масленникова И. С., Еронько О. Н., Грищенко Т. Ю. Использование промышленных отходов для повышения надежности эксплуатации строительных сооружений. . . . . 21

### ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

- Панкин К. Е., Крылов А. Ф., Карцев В. Н. О понятии "катастрофа". . . . . 24

### ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

- Фролов А. В., Власов Ю. В., Абрамов И. В., Ивашенко А. И. Физико-химические процессы и причины аварий на нефтегазопроводах . . . . . 27

### РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

- Тимофеева С. С., Гармышев В. В., Зырянов В. С. Оценка экологической нагрузки на атмосферу при лесных пожарах в Иркутской области. . . . . 33
- Кенжегалиев А., Оразбаев Б. Б., Жумагалиев С. Ж., Кенжегалиева Д. А. Исследования экологического состояния гидробиологических сообществ Казахского сектора Каспийского моря в период подготовки нефтегазовых месторождений к разработке. . . . . 39

### ОБРАЗОВАНИЕ

- Свинцов А. П. Подготовка высококвалифицированных специалистов-строителей — основа обеспечения безопасности жизнедеятельности . . . . . 44
- Матвеева Э. Ф., Колесникова Т. А. Обучение студентов химического факультета приемам техники безопасности и охраны труда . . . . . 47
- Пушенко С. Л. Охрана труда — воспоминания о будущем . . . . . 52

### ИНФОРМАЦИЯ

- Специальная конференция по экологической безопасности и технологическим инновациям (Женева, 1—3 июля 2013 года) . . . . . 55

Приложение. Чяснавичюс Ю. К., Гусар С. В., Карпов В. В., Колесников А. В., Кондратьев-Фирсов В. М., Копыток А. В., Кручинина И. А., Морозова О. А., Олтян И. Ю., Смирнов С. И., Соколов Ю. И., Сосунов И. В., Фроимсон Л. И. Страхование гражданской ответственности владельцев опасных объектов и его роль в обеспечении защиты от чрезвычайных ситуаций

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

УДК 628.517:625.1.08

**И. Е. Цукерников**, д-р техн. наук, проф., зав. лабораторией, **Р. Хасс (ур. Карле)**, асп., **В. А. Аистов**, ст. науч. сотр., Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН) Москва  
E-mail: 3342488@mail.ru

## Соотношения для инженерных расчетов шумовых характеристик железнодорожного транспорта

*Рассмотрены соотношения для инженерных расчетов шумовых характеристик железнодорожного транспорта, полученные по методике расчета, рекомендованной ГОСТ Р 54933—2012. Дано сравнение результатов расчета шумовых характеристик с помощью этих соотношений с результатами расчета, рекомендуемого другими действующими методиками.*

**Ключевые слова:** шум, железнодорожный транспорт, шумовая характеристика, расчет

**Tsukernikov I. E., Hass R. (born Karle), Aistov V. A. The Ratios for Engineering Calculations of Railway Transport Noise Emission Values**

*The expressions for engineering calculations of noise emission values of the railway transport on the basis of the calculation methods recommended by Russian standard GOST R 54933—2012 are obtained. Results of engineering calculation of noise emission values are compared with results of the calculation carried out by the other methods currently in force.*

**Keywords:** noise, railway transport, noise emission values, calculation

### 1. Введение

Задача снижения транспортного шума в населенных пунктах является одной из актуальных задач современной акустики. Особую ценность представляет точность расчета шумовых характеристик, которые являются исходными данными для расчета уровней шума на территории, прилегающей к транспортным магистралям.

Расчет шумовых характеристик от движения железнодорожного транспорта, эксплуатируемого на территории Российской Федерации, в настоящее время осуществляется согласно методике, установленной в ГОСТ Р 54933—2012 "Шум. Методы расчета уровней внешнего шума, излучаемого железнодо-

рожным транспортом", который введен в действие с 01.03.2013. Данная методика позволяет рассчитывать шумовые характеристики от движения поезда в зависимости от его категории (пассажирский поезд с локомотивной тягой, грузовой поезд, электропоезд), скорости движения, а также его длины.

Однако на стадии акустического расчета довольно часто определение длины поезда связано с трудностями. В то же время на железных дорогах Российской Федерации в большинстве случаев подвижной состав имеет ограниченный диапазон длин. В отличие от сложности определения длины скоростной режим движения поездов на отдельно взятом участке железной дороги строго регламентирован. В связи с этим практическую ценность будут иметь расчетные соотношения, которые позволяли бы оценить значения шумовых характеристик поездов, зная только скорость движения поезда.

### 2. Расчетные соотношения шумовых характеристик железнодорожного транспорта

Шумовыми характеристиками железнодорожного транспорта являются эквивалентный ( $L_{pAeq,25}$ ) и максимальный ( $L_{pAmax,25}$ ) уровни звука  $A$ , дБА, на расстоянии 25 м от оси ближнего к расчетной точке пути движения поезда.

Методика, изложенная в ГОСТ Р 54933—2012, позволяет рассчитать указанные значения уровней звука  $A$  от движения поезда по соотношениям, приведенным в табл. 1. В приведенных в таблице выражениях  $v$  — скорость движения поезда, м/с;  $l$  — длина поезда, м.

Расчетные соотношения табл. 1 были получены путем определения коэффициентов уравнений линейной регрессии на основании экспериментальных данных. В качестве натурных измерений взяты результаты измерений, выполненных специалистами НИИСФ РААСН на участках Октябрьской железной дороги в пределах от Ленинградского вокзала (г. Москва) до станции Алабушево [1].

Таблица 1

**Уравнения линейной регрессии  
для расчета шумовых характеристик поездов**

Категория	Тип поезда	Вид уравнения
1	Пассажирский поезд с локомотивной тягой	$L_{pAmax,25} = 24 \lg v + 10 \lg \left( \arctg \frac{l}{50} \right) + 41,2$ $L_{pAeq,25} = 25,3 \lg v + 10 \lg \left( \arctg \frac{l}{25} \right) + 33,3$
2	Грузовой	$L_{pAmax,25} = 13,9 \lg v + 10 \lg \left( \arctg \frac{l}{50} \right) + 59,9$ $L_{pAeq,25} = 18,8 \lg v + 10 \lg \left( \arctg \frac{l}{25} \right) + 46,0$
3	Электропоезд	$L_{pAmax,25} = 27,5 \lg v + 10 \lg \left( \arctg \frac{l}{50} \right) + 36,2$ $L_{pAeq,25} = 28,9 \lg v + 10 \lg \left( \arctg \frac{l}{25} \right) + 28$

**3. Инженерные соотношения для расчета уровней шума от движения железнодорожного транспорта**

На железных дорогах Российской Федерации в большинстве случаев подвижной состав имеет длину от 175 до 700 м для пассажирского транспорта, от 200 до 1700 м для грузового транспорта и 210 м для электропоездов, что заметно усложняет задачу расчета шумовых характеристик.

Заметим, что значения членов  $10 \lg \left( \arctg \frac{l}{50} \right)$  и  $10 \lg \left( \arctg \frac{l}{25} \right)$  в формулах для определения максимального и эквивалентного уровней звука  $A$  от прохода поезда (см. табл. 1) имеют слабо выраженную зависимость от значения  $l$ . Для указанных выше интервалов длин значения этих членов находятся в пределах от 1,1 дБ (1,6 дБ) до 1,8 дБ (1,9 дБ) для пассажирских поездов и от 1,2 дБ (1,6 дБ) до 1,9 дБ (1,9 дБ) для грузовых поездов. В связи с этим практическую ценность представляет вычисление значений вышеуказанных членов для некоторой средней длины подвижного состава каждой категории.

Во время измерений, использованных при выводе выражений, приведенных в табл. 1, фиксировалась длина каждого из проходящих поездов. Средние арифметические значения длины для каждой из категорий поездов, а также значения членов  $10 \lg \left( \arctg \frac{l}{50} \right)$  и  $10 \lg \left( \arctg \frac{l}{25} \right)$  составили: 360 м, 1,6 дБ и 1,8 дБ для пассажирских поездов; 690 м, 1,8 дБ и 1,9 дБ для грузовых поездов; 210 м, 1,3 дБ и 1,6 дБ для электропоездов.

Подставляя вычисленные значения в соотношения для шумовых характеристик из табл. 1, по-

Таблица 2

**Предлагаемые уравнения для расчета шумовых характеристик для средних значений длин поездов**

Категория	Тип поезда	Вид уравнения
1	Пассажирский поезд с локомотивной тягой	$L_{pAmax,25} = 24 \lg v + 42,8$ $L_{pAeq,25} = 25,3 \lg v + 35,1$
2	Грузовой	$L_{pAmax,25} = 13,9 \lg v + 61,7$ $L_{pAeq,25} = 18,8 \lg v + 47,9$
3	Электропоезд	$L_{pAmax,25} = 27,5 \lg v + 37,5$ $L_{pAeq,25} = 28,9 \lg v + 29,6$

лучаем формулы, позволяющие определять шумовые характеристики поездов только по значениям скоростей их движения. Соответствующие выражения приведены в табл. 2.

Приведенные в табл. 2 выражения позволяют сравнить значения шумовых характеристик поездов, рассчитанные в соответствии с методикой ГОСТ Р 54933—2012, с значениями, получаемыми с помощью выражений, рекомендованных сводом правил СП 23-104—2004 "Оценка шума при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов метрополитена" [2] и учебным пособием [3], приведенными в табл. 3 и 4.

Заметим, что выражения, приведенные в табл. 2, позволяют рассчитывать эквивалентный уровень шума за время проезда поезда,  $\tau = \left( \frac{l}{1000v} \right)$ , а расчет-

Таблица 3

**Уравнения для расчета шумовых характеристик для средних значений длин поездов по СП 23-104—2004 [2]**

Категория	Тип поезда	Вид уравнения
1	Пассажирский поезд с локомотивной тягой	$L_{pAmax,25} = 35 \lg v + 15,2$ $L_{pAeq,25} = 16,6 \lg v + 31,9$
2	Грузовой	$L_{pAmax,25} = 26,6 \lg v + 28,3$ $L_{pAeq,25} = 16,6 \lg v + 41,4$
3	Электропоезд	$L_{pAmax,25} = 34,9 \lg v + 24,1$ $L_{pAeq,25} = 24,9 \lg v + 20,5$

Таблица 4

**Уравнения для расчета шумовых характеристик для средних значений длин поездов по пособию [3]**

Категория	Тип поезда	Вид уравнения
1	Пассажирский поезд с локомотивной тягой	$L_{pAmax,25} = 23 \lg v + 35,2$ $L_{pAeq,25} = 13 \lg v + 32,2$
2	Грузовой	$L_{pAmax,25} = 23 \lg v + 39$ $L_{pAeq,25} = 13 \lg v + 40$
3	Электропоезд	$L_{pAmax,25} = 36 \lg v + 16,4$ $L_{pAeq,25} = 26 \lg v + 9,4$



ные соотношения, приведенные в табл. 3 и табл. 4, определяют эквивалентный уровень шума за час. В связи с этим при расчете эквивалентных уровней шума к расчетным соотношениям табл. 3 и табл. 4 было добавлено слагаемое  $10\lg\left(\frac{1000v}{l}\right)$ .

Сравнение дано на рис. 1—3 и показывает, что выражения, полученные из соотношений, рекомендуемых ГОСТ Р 54933—2012, в большей мере соответствуют приведенным на рисунках результатам измерений (особенно для максимальных уровней), чем выражения, рекомендованные другими методиками.

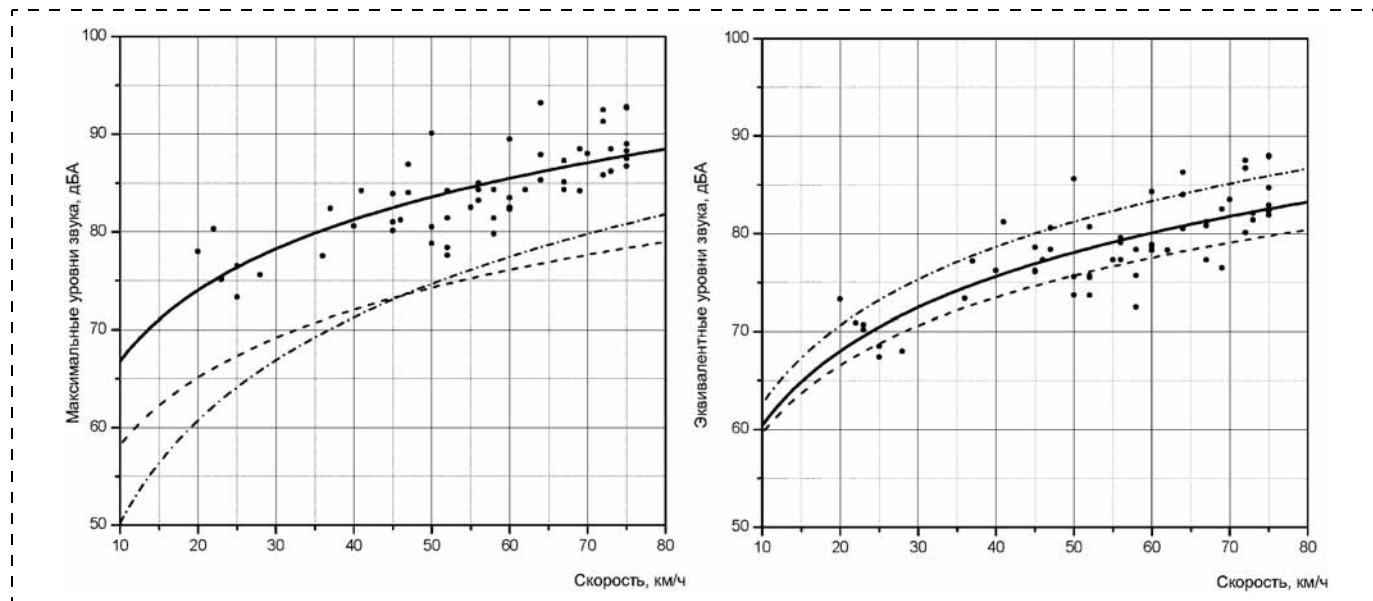


Рис. 1. Распределения максимальных и эквивалентных уровней звука  $A$  для пассажирских поездов с локомотивной тягой:

· — измеренные значения шумовых характеристик; — — значения шумовых характеристик, соответствующие формулам табл. 2; --- — значения шумовых характеристик, соответствующие формулам СП 23-104—2004; ---- — значения шумовых характеристик, соответствующие формулам пособия [3]

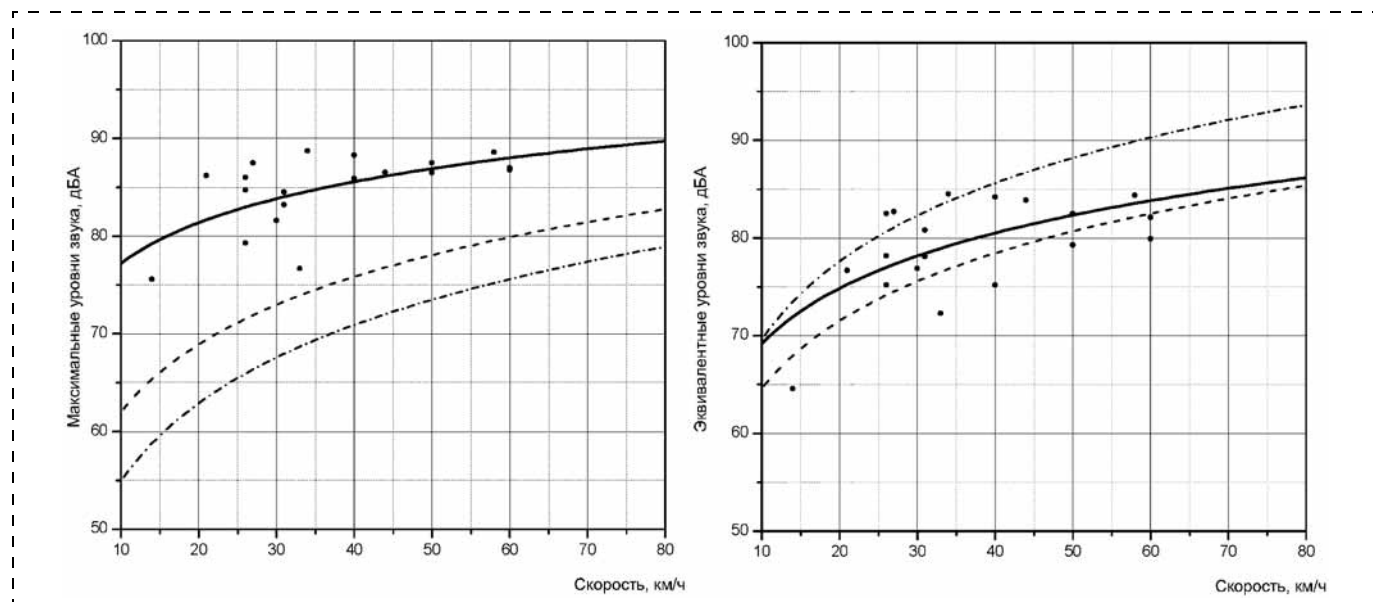


Рис. 2. Распределения максимальных и эквивалентных уровней звука  $A$  для грузовых поездов:

· — измеренные значения шумовых характеристик; — — значения шумовых характеристик, соответствующие формулам табл. 2; --- — значения шумовых характеристик, соответствующие формулам СП 23-104—2004; ---- — значения шумовых характеристик, соответствующие формулам пособия [3]

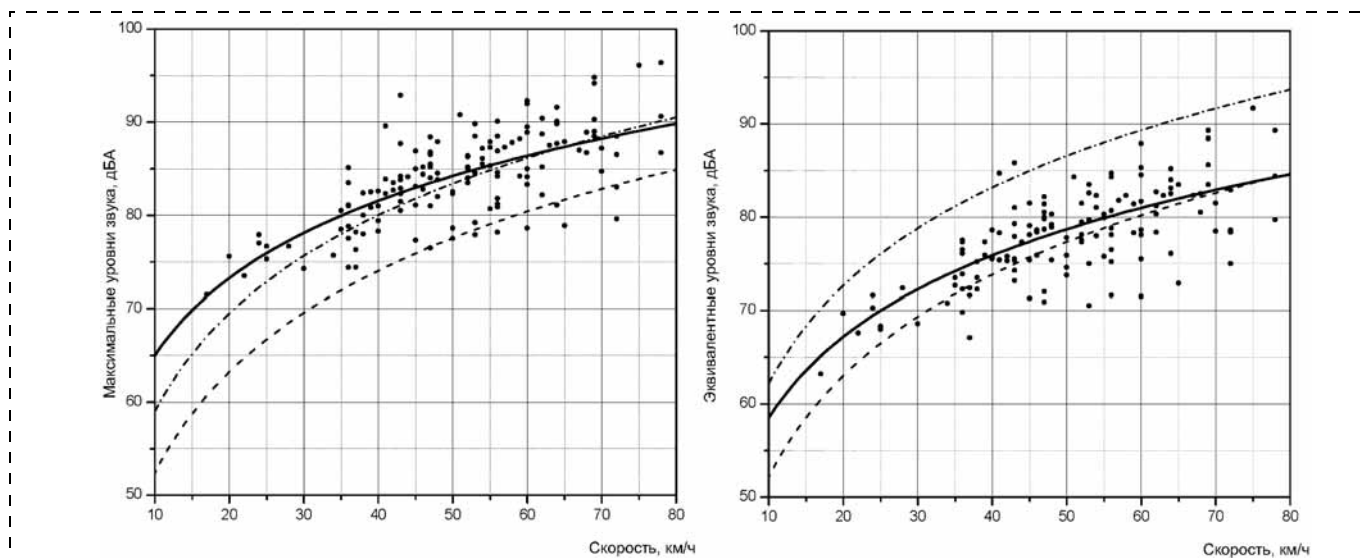


Рис. 3. Распределения максимальных и эквивалентных уровней звука  $A$  для электропоездов:

· — измеренные значения шумовых характеристик; — — значения шумовых характеристик, соответствующие формулам табл. 2; -.- — значения шумовых характеристик, соответствующие формулам СП 23-104—2004; ---- — значения шумовых характеристик, соответствующие формулам пособия [3]

#### 4. Выводы

Полученные соотношения для оценки значений шумовых характеристик от движения железнодорожного транспорта вне зависимости от длины поезда адекватно описывают шум современного подвижного состава железнодорожного транспорта и могут быть рекомендованы для применения в инженерной практике.

#### Список литературы

1. Цукерников И. Е., Хасс Р. Расчет шумовых характеристик подвижного состава железнодорожного транспорта // Научно-технический журнал Вестник МГСУ. — 2011. — № 3. — Т. 1. — С. 87—92.
2. Свод правил: СП 23-104—2004 Оценка шума при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов метрополитена.
3. Звукоизоляция и звукопоглощение: Учеб. пособие для студентов вузов / Г. Л. Осипов, В. Н. Бобылев, Л. А. Борисов и др.; Под ред. Г. Л. Осипова, В. Н. Бобылева. — М.: ООО "Издательство АСТ"; ООО "Издательство Астрель", 2004. — 450 с.

УДК 556.3; 624.131

П. Н. Куранов, канд. техн. наук, генеральный директор, ЗАО "ДАР/ВОДГЕО"  
E-mail: pnkur@mail.ru

## Обоснование принципа наилучших доступных технологий в градопромышленной гидрогеоэкологии

В работе представлена методология выполнения работ по оценке вредного воздействия подземных вод и снижению этого воздействия в градопромышленной гидрогеоэкологии. Показана эффективность аппарата теории риска для решения задач, связанных с комплексной оценкой вредного воздействия подземных вод, и сформулированы пути обоснования принципа наилучших доступных технологий для решения конкретных задач градопромышленной гидрогеоэкологии.

**Ключевые слова:** градопромышленная гидрогеоэкология, подтопление градопромышленных территорий, вредное воздействие подземных вод, расчет предотвращенного ущерба, наилучшая доступная технология

**Kuranov P. N. Substantiation of Best Available Technique Principle in Hydrogeoecology of Urban Territories**

The article presents a methodology of work to assess the detrimental effects of groundwater and reduce this impact in hydrogeoecology of urban territories. The efficiency of the risk theory to meet the challenges of an integrated assessment of detrimental effects of groundwater is shown and the ways of implementing the principle of best available technique for specific tasks solutions of hydrogeoecology of urban territories are formulated.

**Keywords:** hydrogeoecology of urban territories, urban territories underflooding; detrimental effects of groundwater; calculation of prevented damage; best available technique



Градопромышленная гидрогеоэкология как отдельная самостоятельная часть инженерной гидрогеоэкологии стала рассматриваться относительно недавно [1–3]. В рамках градопромышленной гидрогеоэкологии обычно рассматриваются задачи гидрогеоэкологического обоснования строительства и эксплуатации промышленных и гражданских сооружений, устойчивого развития населенных пунктов и территорий, обеспечение безопасности населения, территорий и объектов от реальных или потенциальных негативных воздействий подземных вод, обоснование проектных решений, направленных на повышение уровня защищенности от негативного воздействия подземных вод при эксплуатации или создании строительных и водохозяйственных комплексов, систем водоснабжения и водоотведения, транспортных магистралей, туннелей, аэродромов, метрополитенов и пр.

Главной особенностью градопромышленной гидрогеоэкологии является оценка интенсивности вредного воздействия подземных вод на градопромышленные территории и обоснование эффективности мероприятий, направленных на снижение их негативного воздействия.

Вредные воздействия подземных вод, связанные с их загрязнением, высоким уровнем залегания, агрессивностью, влиянием на инженерно-геологические условия, прочностные и деформационные свойства грунтов и т. п., на градопромышленные территории, объекты и население, достаточно полно изучены. Анализ работ [1, 2] показывает, что в настоящее время созданы методы качественной или количественной оценки интенсивности вредного воздействия подземных вод от отдельных факторов [2, 4]. Слабее разработаны методы оценки совокупного негативного воздействия. Вместе с тем известно, что наиболее эффективным инструментом оценки вредного воздействия от разных факторов, в том числе различной природы, направленности, интенсивности, является теория риска [3–5], которая находит все большее применение в вопросах негативного воздействия подземных вод на окружающую среду.

Попытки применения теории риска к оценке вредного воздействия подземных вод на окружающую среду показали новые открывающиеся возможности в решении многих вопросов, в том числе показали возможность унифицировать методику оценки вредного воздействия подземных вод в разных условиях на разные элементы окружающей среды, включая градопромышленные территории [3]. Важной составляющей в разработке такой методики является введение понятия "доза вредного воздействия" в каждой конкретной ситуации. При этом понятие "доза вредного воздействия" должно не только

характеризовать величину этого воздействия, но и количественно оценивать эту величину, быть определенной мерой вредного воздействия.

Доза вредного воздействия подземных вод на окружающую среду отражает степень вредного воздействия, но не потери (ущербы, риски), связанные с вредным воздействием. В связи с этим важным элементом в методике оценки вредного воздействия подземных вод должен быть механизм расчета риска (ущерба) по величине дозы вредного воздействия. Этот вопрос должен решаться с учетом особенностей реципиента вредного воздействия подземных вод. В частности, в градопромышленной гидрогеоэкологии следует учитывать особенности конкретной территории застройки, возможные последствия чрезвычайных ситуаций, в том числе аварийного характера. Предлагаемый подход к оценке вредного воздействия подземных вод в градопромышленной гидрогеоэкологии представлен на рис. 1. Приведенная схема выполнения работ в градопромышленной гидрогеоэкологии касается лишь первой, оценочной части вредного воздействия подземных вод.

Вторая, защитная часть работ в градопромышленной гидрогеоэкологии связана с обоснованием эффективности мероприятий, направленных на снижение вредного воздействия подземных вод. В части обоснования эффективности защитных мероприятий также накоплен значительный опыт [6, 7] выполнения работ, связанных с понижением грунтовых вод, защитой от загрязнения, восстановлением качества подземных вод, рекультивацией загрязненных территорий, укреплением оснований и фундаментов зданий и сооружений, применением антикоррозийных материалов подземных конструкций, гидроизоляционными работами и т. д. По сути дела, в каждом конкретном случае подбирается тот или иной набор мероприятий, приводящий к снижению дозы вредного воздействия подземных вод, к уменьшению ущерба, т. е. возникновению предотвращенного ущерба как разности

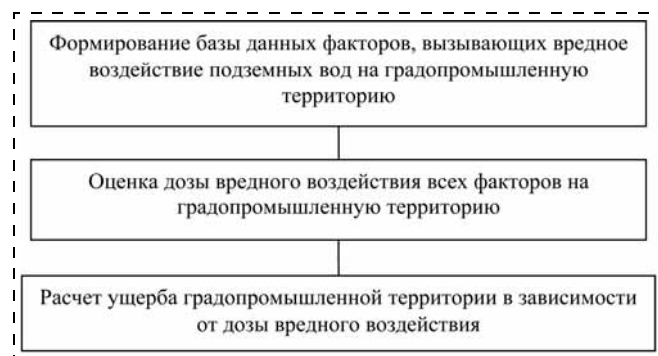


Рис. 1. Схема выполнения работ по оценке вредного воздействия подземных вод в градопромышленной гидрогеоэкологии

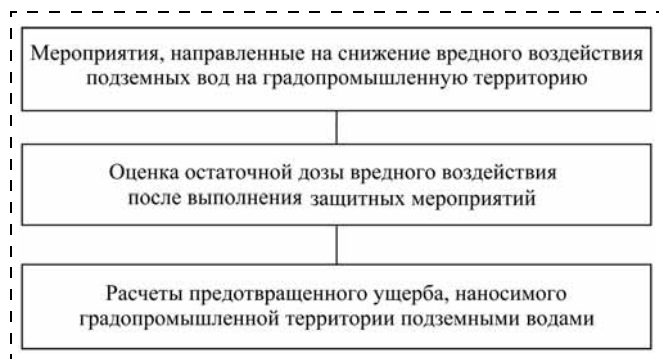


Рис. 2. Схема выполнения работ по снижению вредного воздействия подземных вод в градопромышленной гидрогеоэкологии

между ущербами, возникающими вследствие проведения защитных мероприятий [8]. Величина предотвращенного ущерба в сравнении с затратами на защитные мероприятия определяет их экономическую эффективность. Схематически защитная часть работ в градопромышленной гидрогеоэкологии представлена на рис. 2.

Взаимосвязь первой (оценочной) и второй (защитной) частей работ в градопромышленной гидрогеоэкологии безусловна. Оценка вредного воздействия подземных вод проводится, во-первых, для принятия решения о необходимости проектирования защитных мероприятий, и, во-вторых, она позволяет видеть, против каких вредных воздействий должны быть направлены защитные мероприятия, до какого уровня риска их воздействие должно быть снижено. Для детализации решений сложных задач градопромышленной гидрогеоэкологии наиболее подходящим является принцип наилучших доступных технологий (НДТ), который активно обсуждается и внедряется в нашей стране только в последние годы, несмотря на то что впервые этот подход появился более 150 лет назад в Британском законодательстве как "наилучшие технические достижимые средства" [9]. В последующем это или близкие к нему понятия использовались в США: "наилучшие доступные экономически достижимые технологии", "наилучшие традиционные технологии", "наилучшие демонстрируемые технологии" и т. п.

В конце XX века в европейских документах появились термины "наилучшая доступная технология, не влекущая чрезмерных затрат", "наилучшие имеющиеся технологии", "разумно достижимые", "наилучшие практически осуществимые". Терминологические различия формулировок, как правило, отражали сущностные различия в акцентах, предложениях, которые авторам хотелось подчеркнуть в документах.

В нашей стране, несмотря на недостаточно определенный правовой статус, термин "наилучшие

доступные технологии" широко используется отечественными специалистами, и нет никакой необходимости его пересматривать. В то же время особенности его применения в каждой отдельной отрасли науки, техники, хозяйственной деятельности необходимо конкретизировать.

В основе принципа НДТ лежит требование соблюдения экономической безопасности, которое предусматривается Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ "О техническом регулировании". Субъект, осуществляющий производственную деятельность, связанную с воздействием на окружающую среду, вправе проводить любые операции, при которых выполняются требования экологической безопасности. Применение принципа НДТ означает, что комплекс применяемых мероприятий, операций должен представлять собой экономически оправданные, технически осуществимые, соответствующие данным конкретным условиям, достигающие наиболее высокого уровня охраны окружающей среды по сравнению с другими мероприятиями.

Применение принципа НДТ для любого технологического процесса в промышленности, сельскохозяйственном производстве, сфере оказания услуг, его реализация в природоохранных мероприятиях, к которым, безусловно, относятся изложенные выше вопросы градопромышленной гидрогеоэкологии, — явление относительно новое, но столь же необходимое. Сформулируем понятие и принцип НДТ, который следует использовать в градопромышленной гидрогеоэкологии.

Наилучшей доступной технологией в градопромышленной гидрогеоэкологии будем называть такую совокупность мероприятий, которая в данной функционально-строительной и природно-техногенной обстановке приводит к созданию системы инженерной защиты, обеспечивающей максимальное снижение риска от совокупного вредного воздействия подземных вод в обоснованные сроки с учетом имеющихся средств и возможностей собственника.

Такая трактовка НДТ в градопромышленной гидрогеоэкологии позволяет не только определить набор мероприятий, относящийся к НДТ, но и наметить пути для разработки количественных методов, позволяющих выбрать "наилучшую технологию" из набора НДТ на основе критериев достижения максимального снижения риска.

Общая схема обоснования НДТ в градопромышленной гидрогеоэкологии может быть представлена в виде, изображенном на рис. 3.

В рамках изложенной методологии обоснования НДТ в градопромышленной гидрогеоэкологии могут быть рассмотрены проблемы инженерной защиты от подтопления градопромышленных



Рис. 3. Общая схема обоснования НДТ в градопромышленной гидрогеологии

эффективным и в отношении природоохранных мероприятий, в частности, в градопромышленной гидрогеологии.

3. Намечены пути реализации принципа НДТ для конкретных задач градопромышленной гидрогеологии.

#### Список литературы

1. Шестаков В. М. Прикладная гидрогеология. — М.: Изд-во МГУ, 2001.
2. Дзекцер Е. С., Пырченко В. А. Технология обеспечения устойчивого развития урбанизированных территорий в условиях воздействия природных опасностей. — М.: "ДАР/ВОДГЕО", 2004.
3. Методические рекомендации по оценке уровней безопасности, риска и ущерба от подтопления градопромышленных территорий / Под ред. Н. П. Куранова. — М.: НПО "ВОДГЕО", 2010.
4. Природные опасности России / Под ред. В. И. Осипова, С. К. Шойгу. — М.: Крук, 2002.
5. Елохин А. Анализ и управление риском: теория и практика. — М.: Изд-во Полимеда, 2002.
6. Прогнозы подтопления и расчет дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях: Справочное пособие к СНиП. — М.: Стройиздат, 1991.
7. Алексеев В. С. Технологические особенности реабилитации (ремедиации) подземных вод и защиты водозаборов от загрязнения // Водоснабжение, водоотведение, гидротехника и инженерная гидрогеология, № 12. — М.: Изд-во ЗАО "ДАР/ВОДГЕО", 2011.
8. Алексеев В. С., Куранов Н. П., Куранов П. Н. Проблемы оценки и возмещение ущерба при загрязнении подземных вод // Водоснабжение, водоотведение, экологическая безопасность строительства и городского хозяйства. — М.: Изд-во НПО "ВОДГЕО", 2012. — № 14.
9. Бегак М. В. Возможные методы оценки наилучших доступных технологий в системе Российского законодательства с позиций энергетической и экологической эффективности // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. — 2010. — № 2.
10. Куранов П. Н. Разработка региональной модели для оценки влияния закачки промстоков на геологическую среду на территории Самарской области // Водоснабжение, водоотведение, гидротехника и инженерная гидрогеология. — М.: Изд-во ЗАО "ДАР/ВОДГЕО", 2011. — № 12.

территорий. Для этого в настоящее время созданы все предпосылки, в том числе решены многие вопросы, связанные с оценкой доз вредного воздействия подземных вод, допустимых уровней риска подтопления [3]. Большой интерес представляет применение принципа НДТ при восстановлении качества загрязненных градопромышленных территорий углеводородными загрязнениями [3], промышленных полигонов закачки попутных и сточных нефтяных вод, а также селитебных территорий, попадающих в зону их влияния [10], и др.

В заключение можно сделать следующие основные выводы.

1. Для класса задач, связанных с комплексной оценкой вредного воздействия подземных вод, наиболее эффективным является аппарат теории риска.

2. Принцип наилучших доступных технологий, реализуемый в хозяйственной сфере, может быть



**М. Ю. Андрианова**, канд. техн. наук, доц. кафедры, **О. А. Рябухин**, инж.,  
**А. Н. Чусов**, канд. техн. наук, зав. кафедрой, Инженерно-строительный институт  
Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (СПбГПУ)  
E-mail: andrianovam@cef.spbstu.ru

## Исследование флуориметрических характеристик нефтесодержащих отходов для разработки средств их мониторинга

*Рассмотрены спектры флуоресценции в ультрафиолетовом и видимом диапазоне для проб водной фракции, образовавшейся на разных стадиях очистки токсичных нефтесодержащих отходов. Приведены результаты исследования спектров для неразведенных проб с содержанием общего органического углерода 185...2820 мг/л и проб после разведения до 5...8 мг/л. Отмечено, что полученные данные могут быть использованы для разработки средств мониторинга этих примесей и средств технологического контроля эффективности процессов очистки нефтесодержащих отходов.*

**Ключевые слова:** спектрофлуориметрия, сточные воды, нефтесодержащие отходы, мониторинг

**Andrianova M. Ju., Ryabukhin O. A., Chusov A. N. Investigation of Oil Wastes Water Fraction Fluorimetric Characteristics for Monitoring Devices Development**

*Fluorescence spectra in UV-Vis range were obtained for water fractions received at several stages of oil wastes treatment. Characteristics of spectra for not diluted samples (TOC from 2820 to 185 mg/l) and diluted samples (TOC 5-8 mg/l) of water fraction are given. The information can be applied in fluorimetric control of water treatment efficiency and oil wastes monitoring.*

**Keywords:** spectrofluorimetry, waste waters, oil wastes, monitoring

### Введение

Спектрофлуориметрия широко применяется в исследованиях органических примесей природных вод. На протяжении нескольких десятилетий получен большой объем спектральных данных в ультрафиолетовой и видимой областях для проб, содержащих органические примеси природного и техногенного происхождения пресных и морских вод, бытовых сточных вод, фильтратов свалок, водных экстрактов нефтепродуктов [1–5].

Обычно в спектрах флуоресценции природных вод присутствует полоса гуминового типа (humic-like) с полушириной около 100 нм и максимумом в интервале длин волн регистрации  $\lambda_{\text{рег}} = 390...520$  нм. Чаще максимум флуоресценции наблюдается при длине волны регистрации  $\lambda_{\text{рег}} = 420...450$  нм и длине волны возбуждения  $\lambda_{\text{возб}} = 210...320$  нм. В спектрах бытовых сточных вод, фильтратов свалок [3, 6–8], помимо гуминовой полосы, также присутствуют две полосы белкового типа (protein-like), близкие по характеристикам к полосам флуоресценции тирозина (максимум около  $\lambda_{\text{рег}} = 300$  нм,  $\lambda_{\text{возб}} = 210...280$  нм) и триптофана (максимум около  $\lambda_{\text{рег}} = 340$  нм,  $\lambda_{\text{возб}} = 210...310$  нм) [2, 9]. Нефть и нефтепродукты флуоресцируют в области 300...1000 нм при возбуждении в диапазоне 300...790 нм, характер спектров определяется составом нефти [1, 4]. В воде, загрязненной нефтепродуктами, можно выделить те же два типа полос флуоресценции. Например, для водных экстрактов керосина, дизельного топлива, смазочного масла, мазута спектры флуоресценции имеют выраженные максимумы при  $\lambda_{\text{рег}} = 300, 340$  и 450 нм, в спектрах возбуждения флуоресценции — при  $\lambda_{\text{возб}} = 225$  и 280 нм [10].

Вывод о наличии загрязнения техногенными органическими примесями в природных водных объектах можно сделать после сопоставления спектральных характеристик для незагрязненной природной воды и для потенциального источника загрязнения. В данной работе проведено исследование спектров флуоресценции водной фракции, образовавшейся в результате контакта с жидкими нефтесодержащими отходами, размещенными в открытых котлованах на полигоне. Свойства водной фракции изучали на разных этапах ее очистки, проводимой на очистных сооружениях полигона. Полученные данные могут быть использованы для разработки средств мониторинга этих примесей и средств технологического контроля эффективности процессов очистки.

## Материалы и методы

Объектом исследования являлись жидкие отходы, полученные в результате нефтепереработки, с примесями токсичных органических веществ. Отходы хранились на полигоне в открытых котлованах и представляли собой смесь жидкой органической и жидкой водной фаз, а также твердых взвешенных примесей. В СПбГПУ разработана модельная установка очистных сооружений для обработки отходов и доочистки отделяемой водной фракции. В ходе исследования были отобраны пробы водной фракции, очищенные на данной модельной установке. В процессе очистки методом гравитационной сепарации отделяли от отходов водную фракцию (проба № 1), проводили ее очистку последовательно методами флотации, коагуляции и последующего отстаивания (пробы № 2а и № 2б из разных отстойников), фильтрации через полипропиленовый волоконный префильтр с рейтингом фильтрации 5 мкм (проба № 3, полученная в результате пропускания через данный префильтр пробы № 2б), окислительной обработки (проба № 4, полученная в результате окислительной обработки пробы № 2б).

Для проб воды определяли содержание общего органического углерода (ООУ) на анализаторе TOC-L CPN (Shimadzu, Япония). Погрешность измерений не превышала  $\pm 15\%$ .

Спектры флуоресценции получали на спектрофлуориметре RF-5301PC (Shimadzu, Япония) в диапазоне длин волн возбуждения флуоресценции  $\lambda_{\text{возб}} = 220...350$  нм (с шагом 10...40 нм), длин волн регистрации флуоресценции  $\lambda_{\text{рег}} = 220...650$  нм (с шагом 1 нм), ширина щели 5 нм, точность установки монохроматоров  $\pm 1,5$  нм. Регистрацию флуоресценции проводили под прямым углом к возбуждающему излучению, проходящему через квадратную кварцевую кювету со стороной 1 см. Коррекция флуоресцентного сигнала на поглощение возбуждающего и испускаемого (флуоресцентного) излучения прибором не предусмотрена, дополнительную математическую обработку данных не проводили.

Спектры оптической плотности получали на спектрофотометре СФ-56 (ОКБ-Спектр, Санкт-Петербург).

Для всех анализов проводили разведение проб дистиллированной водой.

## Результаты и обсуждение

Полученные спектры флуоресценции неразведенных проб на разных стадиях очистки приведены на рис. 1—5. По оси абсцисс показана длина волны флуоресценции  $\lambda_{\text{рег}}$ , нм, по оси ординат — интенсивность флуоресценции  $I$  (в единицах измерения прибора), длина волны возбуждения, нм, указана в легенде на рисунке. Значения содержания ООУ, мг/л, даны в подписных подписях.

На представленных спектрах обнаруживаются три группы полос — полосы светорассеяния, полосы комбинационного рассеяния воды, полосы флуоресценции. Узкие полосы светорассеяния наблюдаются

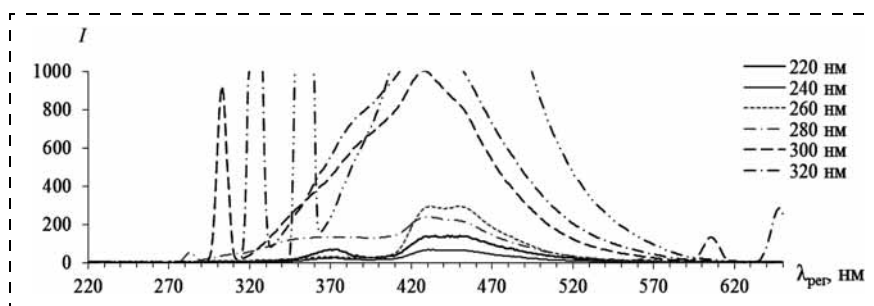


Рис. 1. Спектры флуоресценции неразведенной пробы № 1 (2820 мгООУ/л) при  $\lambda_{\text{возб}} = 220...350$  нм

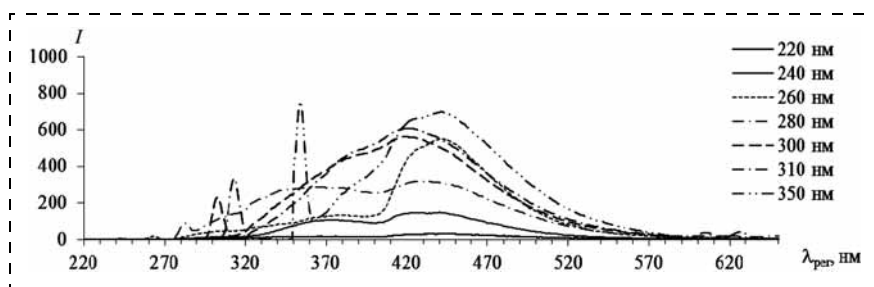


Рис. 2. Спектры флуоресценции неразведенной пробы № 2а (494 мгООУ/л) при  $\lambda_{\text{возб}} = 220...350$  нм

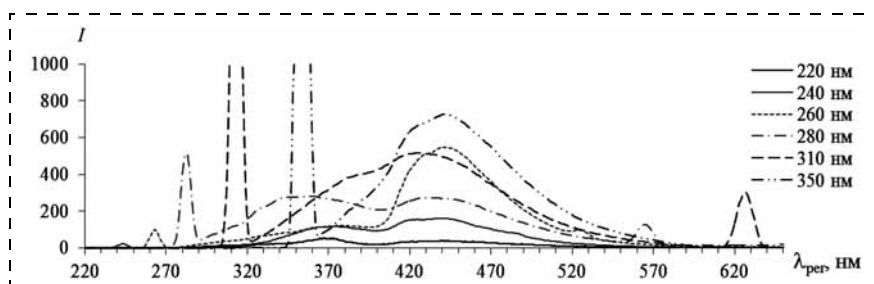


Рис. 3. Спектры флуоресценции неразведенной пробы № 2б (281 мгООУ/л) при  $\lambda_{\text{возб}} = 220...350$  нм

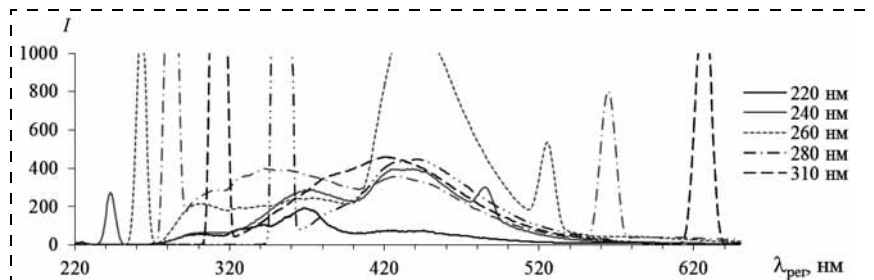


Рис. 4. Спектры флуоресценции неразведенной пробы № 3 (162 мгООУ/л) при  $\lambda_{\text{возб}} = 220...350$  нм

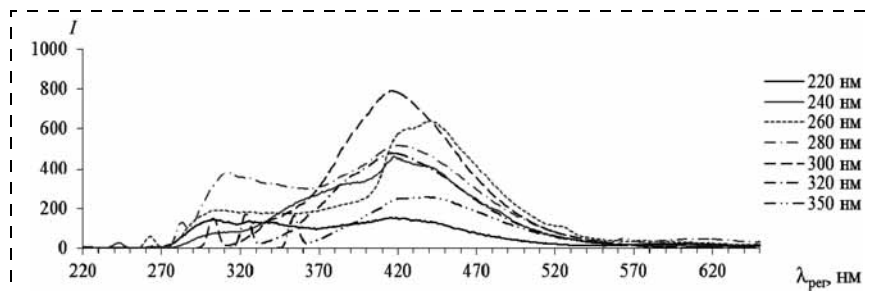


Рис. 5. Спектры флуоресценции неразведенной пробы № 4 (185 мгООУ/л) при  $\lambda_{\text{возб}} = 220...350$  нм

на длине волны, равной  $\lambda_{\text{возб}}$  и  $2\lambda_{\text{возб}}$ . Их появление связано с эффектом Гиндаля, обусловленного наличием в пробе светорассеивающих частиц. Появление второй полосы связано с влиянием дифракционной решетки монохроматора возбуждения флуориметра, которая наряду с возбуждающим излучением 1-го порядка дифракции также дает меньшее по интенсивности излучение 2-го порядка дифракции [11].

Невысокая полоса комбинационного (рамановского) рассеяния молекул воды наблюдается "на плече" или правее (в более длинноволновой области) описанных полос светорассеяния. Для проб анализируемых вод она наблюдается не во всех спектрах, так как перекрывается полосами флуоресценции.

Полосы флуоресценции, часто с перекрывающимися максимумами, наблюдаются в более длинноволновой области относительно  $\lambda_{\text{возб}}$ , и в некоторых случаях заметно наложение на них полос светорассеяния при  $2\lambda_{\text{возб}}$ . Из рис. 1–5 видно, что характер спектров проб заметно различается по высоте отдельных максимумов и соотношениям их высот.

В целом (см. рис. 1–5) можно сказать, что в спектрах неразведенных проб при всех изученных длинах волн возбуждения хорошо регистрируется флуоресценция гуминового типа с максимальной интенсивностью в области  $\lambda_{\text{рег}} = 420...460$  нм (на рис. 1 наблюдается зашкаливание флуоресцентного сигнала при  $\lambda_{\text{возб}} = 320...350$  нм). Во многих случаях наблюдается результат наложения двух

максимумов в виде раздвоенной "вершины" в области флуоресценции гуминового типа. Аналогичное явление наблюдается в спектрах высокоцветных торфяных природных вод [12]. Максимумы на спектрах флуоресценции неразведенных проб регистрируются в области  $\lambda_{\text{рег}} = 420...430$  нм и  $\lambda_{\text{рег}} = 440...450$  нм при  $\lambda_{\text{возб}} = 220...350$  нм, причем их интенсивности зависят от  $\lambda_{\text{возб}}$ .

В области флуоресценции полос белкового типа выявляются следующие максимумы. При  $\lambda_{\text{возб}} = 220...280$  нм выявляется максимум с  $\lambda_{\text{рег}} = 300...310$  нм, при  $\lambda_{\text{возб}} = 220...280$  нм — максимум с  $\lambda_{\text{рег}} = 340...350$  нм, при  $\lambda_{\text{возб}} = 220...300$  нм — максимум с  $\lambda_{\text{рег}} = 370...380$  нм, а при больших  $\lambda_{\text{возб}} = 300...320$  нм этот максимум малозаметен, так как накладывается в виде "плеча" на левый край полосы флуоресценции гуминового типа.

Таким образом, в спектрах флуоресценции неразведенных проб водной фракции отходов обнаружены основные группы максимумов белкового и гуминового типов, характерные для природных и сточных вод, а также максимум при  $\lambda_{\text{рег}} = 370...380$  нм.

При сопоставлении рис. 1–5 можно отметить ряд эффектов, которые могут быть объяснены высоким светопоглощением проб в области  $\lambda_{\text{рег}} = 220...300$  нм. Так, на некоторых спектрах не просматриваются полосы светорассеяния (например, на рис. 1 при  $\lambda_{\text{возб}} = 220...260$  нм, на рис. 2–5 при  $\lambda_{\text{возб}} = 220$  нм). Кроме того, при снижении содержания ООУ при одних  $\lambda_{\text{возб}}$  происходит увеличение интенсивности флуоресценции, при других — уменьшение (сравните, например, спектры при  $\lambda_{\text{возб}} = 220$  нм и  $\lambda_{\text{возб}} = 350$  нм на рис. 3 и 4). Значительное светопоглощение как возбуждающего, так и флуоресцентного (регистрируемого) излучения подтверждают полученные спектры оптической плотности  $D$  выборочных проб (№ 2а и 2б) в диапазоне длин волн  $\lambda = 200...650$  нм (рис. 6). Из данного рисунка видно, что оптическая плотность  $D$  двух неразведенных проб № 2а и 2б в области  $\lambda = 200...260$  нм довольно высока (до 3 единиц  $D$ ), и только при  $\lambda > 260$  нм она становится ниже 1 единицы  $D$  (что означает пропускание 10 % излучения). Разведение проб в 5 раз приводит к существенному снижению их оптической плотности  $D$ . Таким образом, провести сопоставление спектральных характеристик изучаемых проб, особенно по флуоресценции белкового типа, затруднительно без их разведения.

Известно, что интенсивность флуоресценции линейно зависит от содержания люминофоров толь-

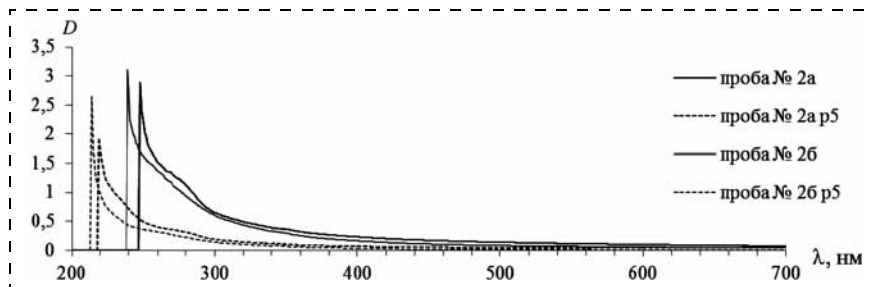


Рис. 6. Спектры оптической плотности проб № 2а и 26 без разведения (сплошные линии) и разведенных в 5 раз (пунктирные линии)

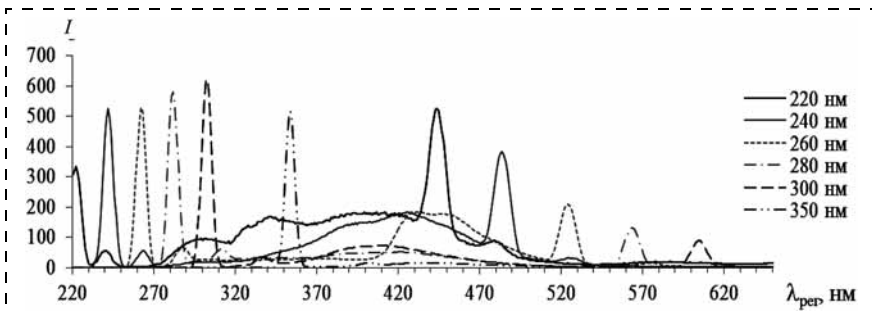


Рис. 7. Спектры флуоресценции разведенной пробы № 1 (5,1 мгООУ/л) при  $\lambda_{\text{возб}} = 220...350$  нм

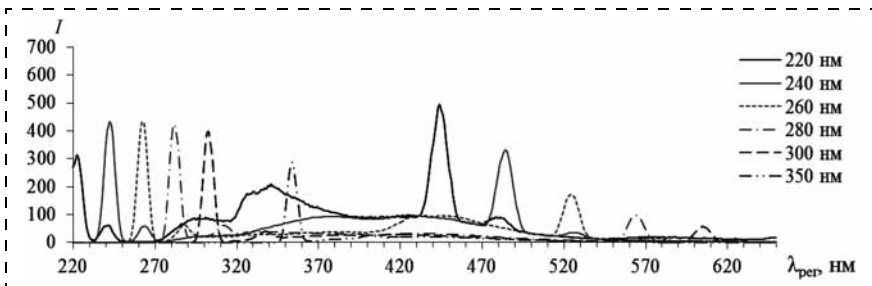


Рис. 8. Спектры флуоресценции разведенной пробы № 2а (6,1 мгООУ/л) при  $\lambda_{\text{возб}} = 220...350$  нм

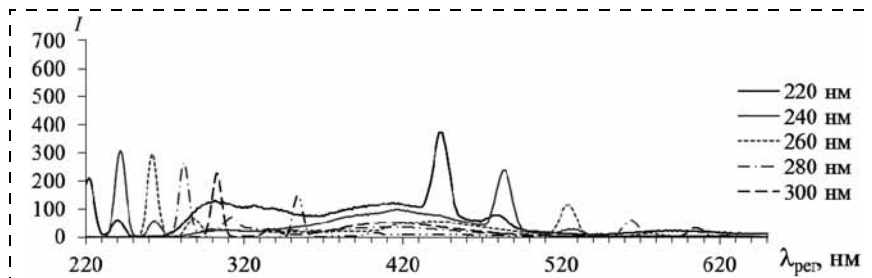


Рис. 9. Спектры флуоресценции разведенной пробы № 4 (6,9 мгООУ/л) при  $\lambda_{\text{возб}} = 220...350$  нм

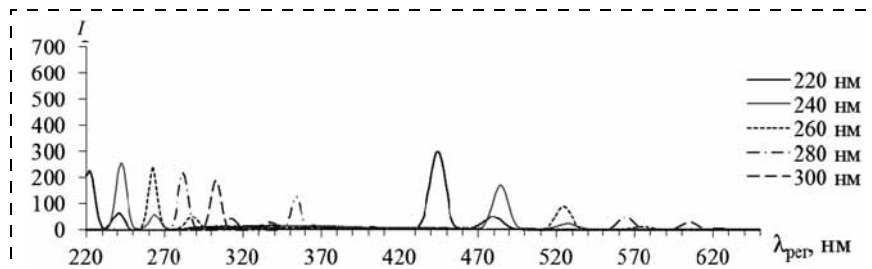


Рис. 10. Спектры флуоресценции дистиллированной воды

ко при их низких концентрациях (для кюветы 1 см это  $10^{-6}...10^{-5}$  М) [13]. В ряде работ при сопоставлении качественных характеристик спектров проводят разведение проб до невысокого содержания органических веществ (1...15 мг/л) [14, 15], чтобы избежать влияния различных эффектов тушения флуоресценции (в том числе связанных со светопоглощением пробы). Для более полной качественной характеристики флуоресценции органических примесей изучаемых проб выполнили разведение проб № 1, 2а и 4 до содержания ООУ, равного 5...8 мг/л. Спектры разведенных проб приведены на рис. 7–9, спектр дистиллированной воды, использованной для разведения, — на рис. 10.

Из рис. 7–9 видно, что в спектрах флуоресценции разведенных проб при  $\lambda_{\text{возб}} = 220$  нм сигналы белкового типа по интенсивности равны или больше, чем сигналы гуминового типа, в отличие от спектров неразведенных проб (см. рис. 1–5). При увеличении  $\lambda_{\text{возб}}$  у разведенных проб происходит снижение интенсивности флуоресценции белкового и гуминового типов. В процессе очистки воды изменилась не только количественная характеристика органических примесей (содержание ООУ), но и качественная — изменились соотношения интенсивности флуоресценции в области гуминового и белкового типов, что указывает на изменение состава примесей.

Выявляются следующие максимумы (в скобках приведены значения  $\lambda_{\text{возб}}$ , при которых интенсивность флуоресценции наибольшая):  $\lambda_{\text{рег}} = 300$  нм ( $\lambda_{\text{возб}} = 220$  нм),  $\lambda_{\text{рег}} = 330$  нм ( $\lambda_{\text{возб}} = 220$  нм),  $\lambda_{\text{рег}} = 345$  нм ( $\lambda_{\text{возб}} = 220$  нм),  $\lambda_{\text{рег}} = 380$  нм ( $\lambda_{\text{возб}} = 240$  нм),  $\lambda_{\text{рег}} = 400$  нм ( $\lambda_{\text{возб}} = 220$  нм),  $\lambda_{\text{рег}} = 420...430$  нм ( $\lambda_{\text{возб}} = 220...260$  нм),  $\lambda_{\text{рег}} = 450$  нм ( $\lambda_{\text{возб}} = 260$  нм). Таким образом, в спектрах разведенных проб (по сравнению со спектрами неразведенных проб) выявлены те же максимумы и еще два дополнительных при  $\lambda_{\text{рег}} = 330$  нм и  $\lambda_{\text{рег}} = 400$  нм.

## Заключение

Флуоресцентный метод контроля содержания загрязнений вод не требует пробоподготовки, отличается экспрессностью и информативностью при выявлении органических примесей природного и техногенного происхождения. На основании полученных в работе данных для разработки средств мониторинга органических примесей, полученных из отходов нефтепереработки, выбраны диапазоны длин волн флуоресценции 300...350 нм и 420...440 нм, в которых присутствует большая часть максимумов флуоресценции изученных проб. Для дальнейшей работы необходимо исследовать зависимость интенсивности флуоресцентного сигнала от концентрации изучаемых примесей.

## Список литературы

1. **Карабашев Г. С.** Флуоресценция в океане. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. — 200 с.
2. **Senesi N., Miano T. M., Provenzano M. R., Brunetti G.** Characterization, differentiation and classification of humic substances by fluorescence spectroscopy // *Soil Science*. — 1991. — Vol. 152 (4). — P. 259—271.
3. **Hudson N., Baker A., Reynolds D.** Fluorescence analysis of dissolved organic matter in natural, waste and polluted waters — a review // *River research and applications*. — 2007. — Vol. 23. — P. 631—649.
4. **Ryder A. G.** Analysis of crude petroleum oils using fluorescence spectroscopy. In: *Reviews in Fluorescence*. — New York: Springer, 2005. — P. 169—198.

5. **Brigdgeman J., Berioza M., Baker A.** The application of fluorescence spectroscopy to organic matter characterization in drinking water treatment // *Rev Environmental Science and Biotechnology*. — 2011. — Vol. 10. — P. 277—290.
6. **Baker A.** Fluorescence excitation—emission matrix characterization of some sewage-impacted rivers // *Environmental Science and Technology*. — 2001. — N 35 (5). P. 948—953.
7. **Андрянова М. Ю., Молодкина Л. М.** Спектрофлуориметрический анализ поверхностных вод, загрязненных биоорганическими веществами // *Вестник гражданских инженеров*. — 2008. — № 3 (16). — С. 88—92.
8. **Молодкина Л. М., Андрянова М. Ю., Чусов А. Н.** Спектрофлуориметрия в изучении динамики разложения биоорганических отходов // *Научно-технические ведомости СПбГПУ*. — 2012. — № 142. — С. 243—250.
9. **Пермяков Е. А.** Метод собственной люминесценции белка. — М.: Наука, 2003. — 189 с.
10. **Хатунцева Л. Н., Башилов А. В., Селезнев А. В., Чичаев В. В., Данышев Д. А.** Флуоресценция окисленных водорастворимых нефтепродуктов // *Вестн. Моск. ун-та. Сер. 2. Химия*. — 2004. — Т. 45, № 56. — С. 333—338.
11. **Spectrofluorometer PF-5301HC Series** Instruction manual. Shimadzu corporation. — Kyoto, Japan, Sep. — 2008. — P. 10—6.
12. **Baker A., Bolton L., Newson M., Spencer R. G. M.** Spectrophotometric properties of surface water dissolved organic matter in an afforested upland peat catchment // *Hydrological Processes*. — 2008. — Vol. 22 (13). — P. 2325—2336.
13. **Гришаева Т. И.** Методы люминесцентного анализа. — СПб.: АНО НПО "Профессионал", 2003. — 226 с.
14. **Westerhoff P., Chen W., Esparza M.** Fluorescence analysis of a standard fulvic acid and tertiary treated wastewater // *Journal of Environmental Quality*. — 2001. — N 30 (6). — P. 2037—2046.
15. **Yang Y., Zhang D.** Concentration effect on the fluorescence spectra of humic substances // *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. — 1995. — Vol. 26 (15—16). — P. 2333—2349.

УДК 662.758.2

**А. Ю. Андрюшкин**, канд. техн. наук, доц., Балтийский государственный технический университет "Военмех" имени Д. Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург  
E-mail: saschala@mail.ru

## Повышение однородности водно-топливных эмульсий, применяемых в экологически безопасных технологиях их сжигания

*Рассмотрен механизм горения водно-топливной эмульсии. Проведен анализ традиционных технологий формирования водно-топливной эмульсии. Предложен газодинамический способ формирования однородной водно-топливной эмульсии, повышающий экологичность ее сжигания. Представлены результаты эксперимента по формированию однородной эмульсии.*

**Ключевые слова:** распыление, эмульсия, топливо

**Andryushkin A. Yu.** *Increasing to Homogeneity Water-Fuel Emulsion Applicable in Ecological Safe Technology of their Incineration*

*The Considered process of the combustion water-fuel emulsion. The Organized analysis traditional technology shaping water-fuel emulsion. It Is Offered gasdynamic way of the shaping uniform water-fuel emulsion, increasing ecological capacity of her(its) incineration. The Presented results of the experiment on shaping the uniform emulsion.*

**Keywords:** spraying, emulsion, fuel



Задачи энергосбережения и экологической безопасности при работе энергетических установок очень актуальны. Сжигание топлив имеет ряд недостатков, связанных с надежностью работы энергетического оборудования и образованием токсичных веществ. В последнее время ужесточаются нормативы по выбросам загрязняющих веществ, что диктует необходимость поиска новых эффективных, экологически чистых и малозатратных технологий сжигания топлив. При использовании традиционных топлив не всегда удается снизить концентрации загрязняющих веществ до нормативных значений. Одним из путей решения этих задач является применение водно-топливных эмульсий (ВТЭ): "вода—мазут", "вода—дизельное топливо", "вода—отработанное масло", "вода—мазут—угольная пыль".

Эффективность сжигания ВТЭ во многом определяется показателями фазового состава топлива и размерами частиц его компонентов (дисперсностью). Высокая дисперсность частиц компонентов топлива и его однородность обуславливает полноту сжигания и минимизацию отходов. Поэтому возникает необходимость в разработке новых технологий формирования высокодисперсных однородных ВТЭ.

### Механизм горения ВТЭ

Использование высокодисперсных ВТЭ позволяет повысить коэффициент сжигания топлива, сэкономить топливо и уменьшить вредные выбросы в атмосферу при его сжигании.

Высокая эффективность сжигания ВТЭ обусловлена следующим эффектом. ВТЭ, поступая в камеру сгорания, распыляется форсункой, при этом дисперсность капель составляет порядка 0,1...1 мм (рис. 1). Если в такой капле топлива находятся включения более мелких капелек воды (с дисперсностью 1...10 мкм), то при нагревании происходит вскипание таких капелек с образованием водяного пара. Водяной пар разрывает каплю топлива, увеличивая дисперсность подаваемого в камеру сгорания топлива. В результате увеличивается поверхность контакта топлива с воздухом, улучшается качество топливно-воздушной смеси. В высокотемпературной зоне камеры сгорания капля эмульсии взрывается и происходит вторичное диспергирование топлива. Значительное увеличение числа мел-

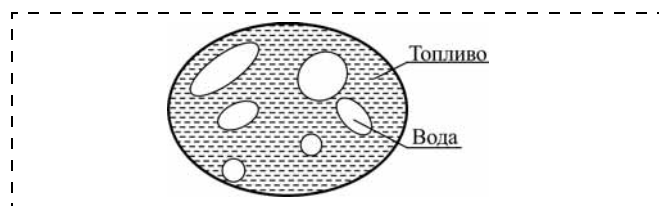


Рис. 1. Схема капли ВТЭ

ких капель топлива приводит к выравниванию температурного поля в камере сгорания, снижению недожога топлива, снижению количества вдуваемого воздуха.

### Традиционные технологии формирования ВТЭ

ВТЭ получают перемешиванием воды с топливом, при этом топливо является дисперсной средой, а вода — дисперсной фазой. Перемешивание ВТЭ сводится к многократному перемещению элементов ее объема.

Наибольший экономический эффект обеспечивает добавление в топливо 10...15 % воды, а наибольший экологический эффект в части утилизации загрязненных органическими продуктами вод реализуется при уровне водной фазы до 50 %. При повышении содержания воды в эмульсии свыше 20 % по объему качественные показатели процесса горения снижаются по сравнению с горением чистого топлива. Однако, если учесть, что процесс сгорания ВТЭ достаточно стабилен при более высоком содержании воды (до 40...50 %) в зависимости от вида топлива, открывается возможность уничтожения (огневого обезвреживания) жидких стоков производства. При этом стоки, даже если они не содержат горючих веществ, можно использовать в качестве водной фазы в ВТЭ и сжигать их, имея основной задачей именно их уничтожение, а не теплофизические параметры процесса.

**Устройства с мешалками.** Перемешивание компонентов ВТЭ проводят в смесителях с различными мешалками. Устройства с мешалками делят на быстроходные и тихоходные.

К быстроходным смесителям относят аппараты с пропеллерными и турбинными мешалками (рис. 2). Быстроходные мешалки чаще всего работают в аппаратах с отражающими перегородками. Отсутствие перегородок приводит к завихрению эмульсии и образованию воронки (см. рис. 2, в). К тихоходным смесителям относят устройства с лопастными, якорными и рамными мешалками (рис. 3).

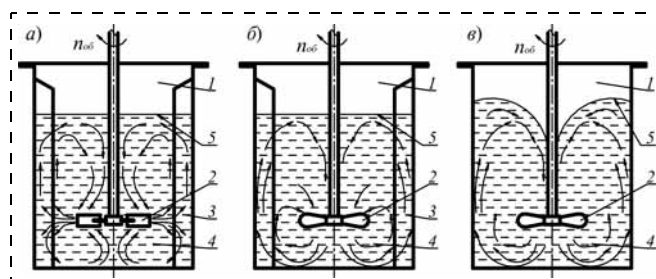
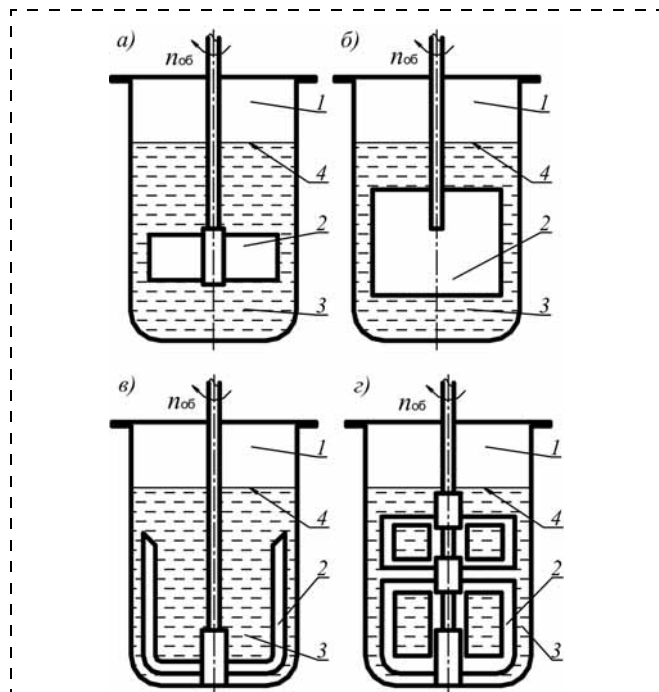


Рис. 2. Быстроходные устройства с турбинными и пропеллерными мешалками:

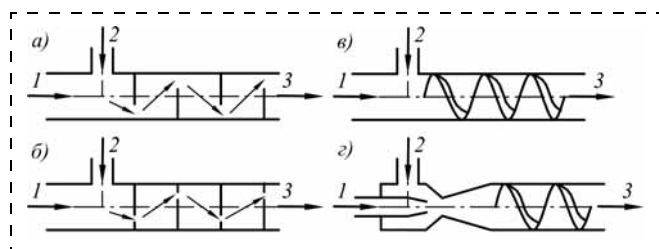
а — турбинная мешалка, сосуд с перегородками; б — пропеллерная мешалка, сосуд с перегородками; в — пропеллерная мешалка, сосуд без перегородок; 1 — сосуд; 2 — мешалка; 3 — перегородка; 4 — перемешиваемая смесь; 5 — поверхность смеси



**Рис. 3. Тихоходные устройства с различными мешалками:**  
а — лопастная; б — листовая; в — якорная; г — рамная; 1 — сосуд; 2 — мешалка; 3 — перемешиваемая смесь; 4 — поверхность (зеркало) смеси

Выбор типа мешалки зависит от свойств формируемой эмульсии, тихоходные устройства применяют для формирования низковязких ВТЭ, тихоходные — для высоковязких ВТЭ.

**Устройства с неподвижными турбулизаторами.** Перемешивание жидкостей возможно в трубопроводах путем искусственной турбулизации потока. Для этой цели в трубопроводе после ввода жидких компонентов ВТЭ размещают разнообразные неподвижные детали, обеспечивающие многократное изменение величины и направления скорости потока. Турбулизаторами служат поперечные полуперегородки (рис. 4, а) или диафрагмы со смещенными отверстиями (рис. 4, б), при этом поток многократно расширяется, сужается и изменяет свое направление. Размещение в трубопроводе винтовых вставок, часто с чередованием направле-



**Рис. 4. Схемы устройств для перемешивания в потоке:**  
а — вставка из полуперегородок; б — диафрагмовая вставка; в — винтовая вставка; г — струйный смеситель; 1, 2 — входы компонентов смеси; 3 — выход смеси

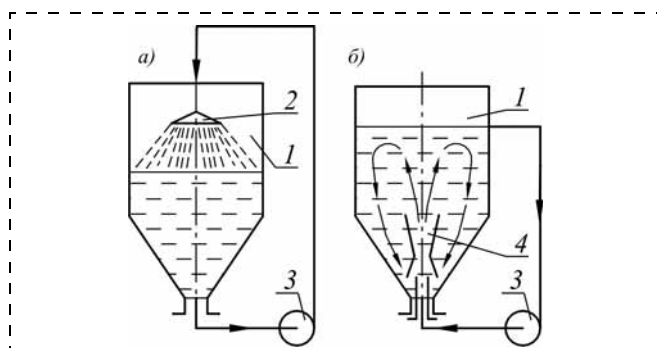
ния винтового хода (вправо и влево), приводит к многократному разнонаправленному закручиванию потока (рис. 4, в). Используют также смесители типа трубы Вентури (инжекционные смесители) в сочетании с винтовыми вставками на пути движения смеси (рис. 4, г).

Перемешивание в потоке применимо для низковязких ВТЭ (до  $0,01 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ), при больших скоростях течения и достаточной длине трубопровода. Такое перемешивание неэффективно, так как требует больших затрат энергии.

**Циркуляционные аппараты.** Эффективное перемешивание компонентов ВТЭ с вязкостью до  $0,05 \text{ Па} \cdot \text{с}$  может быть достигнуто путем многократной циркуляции содержимого аппарата при помощи центробежного или струйного насоса, являющегося как бы локальным турбулизатором. При большой емкости аппарата и различных плотностях компонентов ВТЭ нижние слои жидкости, в которых до полного перемешивания преобладает более тяжелый компонент, всасываются центробежным насосом и нагнетаются на свободную поверхность уровня эмульсии в аппарате через распылитель (рис. 5, а). При этом в перемешиваемом объеме эмульсии нарастает циркуляция по мере увеличения производительности насоса.

Более интенсивно происходит перемешивание при сочетании циркуляционного насоса с эжектором (рис. 5, б). Жидкость из аппарата сверху всасывается центробежным насосом и нагнетается в сопло эжектора. Вытекающий из сопла поток увлекает окружающую жидкость, перемешивается с ней, и образовавшаяся эмульсия выбрасывается вверх. Таким образом, внутри объема жидкости, наполняющей аппарат, возникают внутренние циркуляционные токи в дополнение к внешнему циркуляционному контуру, создаваемому насосом.

**Ультразвуковые смесители.** Для формирования ВТЭ также нашли применение технологии, основанные на возбуждении колебаний в объеме перемешиваемой эмульсии. Наиболее широкое распростране-



**Рис. 5. Схемы циркуляционных смесителей:**  
а — смеситель с циркуляционным насосом; б — смеситель с циркуляционным насосом и эжектором; 1 — смеситель; 2 — распылитель; 3 — насос; 4 — эжектор

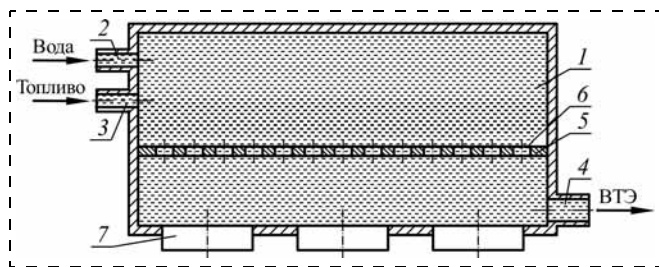


Рис. 6. Ультразвуковой смеситель:

1 — камера перемешивания; 2 — патрубок подачи воды; 3 — патрубок подачи топлива; 4 — патрубок вывода ВТЭ; 5 — перегородка; 6 — перфорации в перегородке; 7 — ультразвуковой преобразователь

ние получило воздействие ультразвуком. Ультразвуковые колебания — это механические колебания в газах, жидкостях и твердых телах. Для технологических процессов эмульгирования, диспергирования применяют ультразвук с частотой  $f_{\text{кол}} = 10 \dots 10^4$  кГц. Для получения ультразвука обычно применяют электромеханические генераторы ультразвука, действие которых основано на способности некоторых материалов изменять свои размеры под действием магнитного (магнитострикционные преобразователи) или электрического поля (пьезоэлектрические преобразователи).

С помощью ультразвуковых колебаний ВТЭ формируют следующим образом (рис. 6). Воду и топливо в определенной пропорции подают в камеру перемешивания. С помощью ультразвуковых преобразователей по всему объему эмульсии распространяются колебания ультразвуковой частоты. В некоторых областях колебания имеют максимальную интенсивность. В этих областях расположены перфорации перегородки. Поэтому весь перемешиваемый поток проходит через области максимальной интенсивности ультразвуковых колебаний.

В жидкости под действием ультразвуковых колебаний наблюдается явление кавитации. Кавитация — это быстрое образование и разрушение миллионов мельчайших пузырьков или полостей в жидкости. Кавитация производится за счет чередующихся волн высокого и низкого давления, образуемых ультразвуком. Жидкость подвергается сжатию во время фазы высокого давления волнового цикла и растяжению во время фазы низкого давления. Так как давление в жидкости снижается во время фазы низкого давления, то размер полостей возрастает с микроскопических ядер до максимального критического диаметра.

В ходе последующей фазы высокого давления, когда волна высокого давления наносит удар по стенке пузырька, последний разрушается. Многократное образование и разрушение пузырьков приводит к интенсивному диспергированию компонентов эмульсии и повышению дисперсности частиц, ее образующих. Получение высокодис-

персных частиц компонентов эмульсии обуславливает ее высокую однородность.

**Анализ технологий получения ВТЭ.** Традиционные технологии формирования ВТЭ, основанные на применении аппаратов с мешалками, устройств с турбулизаторами, циркуляционных аппаратов, вибрационных и ультразвуковых смесителей, не позволяют обеспечить высокое качество ВТЭ. Однородность ВТЭ остается низкой. При этом формирование ВТЭ удовлетворительного качества требует продолжительного времени. Рассмотренные технологии рассчитаны для получения ВТЭ на основе низковязких топлив. Формирование ВТЭ на основе вязких топлив возможно только в аппаратах с мешалками [1–4].

При применении традиционных технологий дисперсность частиц воды, находящихся в топливе, мала, что значительно снижает эффективность горения. Высокую дисперсность частиц по сравнению с другими технологиями обеспечивает ультразвуковое перемешивание.

### Газодинамический способ формирования ВТЭ

Повысить однородность ВТЭ можно путем интенсивного диспергирования ее компонентов в потоке газа. Сильное аэродинамическое воздействие потока газа в зависимости от свойств распыляемых компонентов (поверхностное натяжение, вязкость, плотность) приводит к образованию капель размерами  $10^{-4} \dots 10^{-6}$  м, что обуславливает высокую однородность ВТЭ. Время процесса пе-

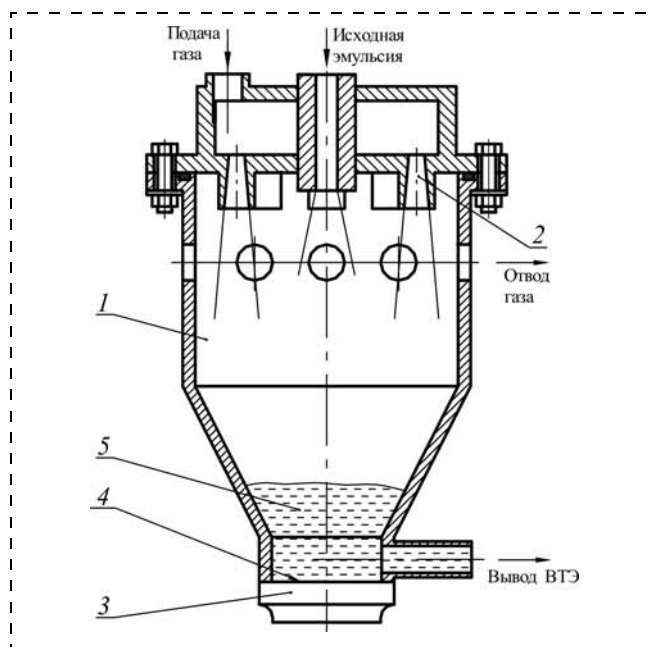


Рис. 7. Газодинамический смеситель:

1 — камера перемешивания; 2 — сверхзвуковое сопло; 3 — ультразвуковой преобразователь; 4 — излучающая поверхность; 5 — ВТЭ



ремешивания значительно сокращается, возрастает производительность оборудования [5—7].

Газодинамический смеситель работает следующим образом (рис. 7). Воду и топливо подают с определенным расходом в камеру перемешивания. Газ (воздух) подают к соплам, из которых он истекает в виде системы газодинамических струй, охватывающих струи топлива и воды. Струи топлива и воды подвергаются аэродинамическому воздействию, приводящему к их распаду на капли, образуется факел распыления. Применение сверхзвуковых сопел подачи газа позволяет получить факел распыления с развитой системой скачков уплотнения. Капли распыляемых компонентов, проходя через скачки уплотнения, дробятся на более мелкие, что приводит к повышению однородности эмульсии. Применение сверхзвуковых газодинамических струй позволяет диспергировать жидкости со значительной вязкостью.

Движущийся в факеле распыления поток капель послойно напыляется на излучающую поверхность ультразвукового преобразователя. Под действием ультразвуковых колебаний в формируемой ВТЭ происходит интенсивное перемещение и дробление частиц компонентов, т. е. идет процесс перемешивания и гомогенизации компонентов эмульсии. Воздействие ультразвука значительно повышает дисперсность капель воды, находящихся в топливе, их размеры составляют несколько десятков микрон.

Отработанный газ (воздух) выводится из газодинамического смесителя на очистку или направляется в камеру сгорания.

Таким образом, диспергирование компонентов ВТЭ происходит в две стадии. На первой стадии вода и топливо дробятся на капли, которые перемешиваются в факеле распыления. На второй стадии компоненты ВТЭ дополнительно дробят наложением ультразвуковых колебаний. Высокая дисперсность частиц обуславливает получение однородной ВТЭ.

#### Экспериментальное определение дисперсности частиц воды в эмульсии

Для распыления в газодинамическом смесителе (см. рис. 7) была подготовлена эмульсия, включающая в свой состав 70 % маловязкого масла и 30 % воды. Компоненты эмульсии были предварительно грубо перемешаны, при этом плотность эмульсии составляла  $\rho_{эм} \approx 930 \text{ кг/м}^3$ ; динамическая вязкость при  $20^\circ\text{C}$  —  $\mu_{эм} \approx 0,05 \text{ Па} \cdot \text{с}$ .

Эмульсия подавалась на распыление в газодинамический смеситель по каналу диаметром 1 мм, объемный расход жидкости составлял  $Q_{ж} \approx 1,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$ . Канал подачи эмульсии охвачен двенадцатью сверхзвуковыми соплами подачи газа (воздуха), располо-

женными по окружности, относительно оси канала подачи эмульсии. Опыты по распылению эмульсии проводились при давлении газа в магистрали, питающей сопла,  $p_0 = 0,8 \text{ МПа}$ . Диаметр критического сечения сверхзвукового сопла  $d_{кр} = 1 \text{ мм}$ , расход газа через одно сопло составлял  $Q_{г} \approx 14 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ .

В эксперименте изменялась скорость истечения газа (воздуха) на срезе сверхзвуковых сопел, для чего в газодинамический распылитель устанавливался соответствующий комплект сопел (12 шт.). Скорость истечения газа характеризуется числом Маха на срезе сверхзвукового сопла  $M = U_{г}/U_{зв}$ , где  $U_{г}$  — скорость газа на срезе сопла, м/с;  $U_{зв}$  — местная скорость звука, м/с ( $U_{зв} \approx 340 \text{ м/с}$ ). Соответственно, применялись комплекты, состоящие из сверхзвуковых сопел с числом Маха  $M = 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0$ .

Повышение однородности эмульсии проводилось в две стадии.

На первой стадии компоненты эмульсии диспергировали в сверхзвуковом газовом потоке. Эмульсия распылялась на высокодисперсные капли, которые перемешивались между собой в факеле распыления. Эти капли напылялись на дно газодинамического распылителя, образуя эмульсию высокой однородности.

На второй стадии сформированная на дне газодинамического смесителя эмульсия объемом 1,5 л дополнительно подвергалась воздействию ультразвука с частотой  $f_{кол} = 100 \text{ кГц}$ , удельная мощность ультразвука составляла  $8,0 \text{ Вт/см}^2$ .

После проведения каждой стадии брались образцы эмульсии. Определение дисперсного состава образцов проводилось с использованием микроскопа. По микрофотографиям (рис. 8) определялся средний диаметр капель воды  $d_k$ , находящихся в эмульсии (рис. 9).

Анализ полученных результатов (см. рис. 9) показывает, что средний диаметр капель воды в эмульсии при увеличении скорости истечения газа значительно уменьшается (кривая 1). При числах Маха  $M = 1,5 \dots 2,5$  полученная эмульсия имеет низкую однородность, о чем свидетельствует низкая дисперсность капель воды, находящихся в ней. Повышение однородности эмульсии, полученной на первой стадии, возможно последующей ультразвуковой обработкой (кривая 2) на второй стадии. При числах Маха  $M > 2,5$  диспергирование компонентов эмульсии в сверхзвуковом потоке газа значительно эффективнее, формируемая эмульсия имеет высокую однородность — капли воды в эмульсии находятся в высокодисперсном состоянии (кривая 1). Дополнительная обработка ультразвуком такой эмульсии на второй стадии существенного уменьшения среднего диаметра капель воды в эмульсии не дает (кривая 2). Поэтому формирование однородной эмульсии в сверхзвуковом потоке

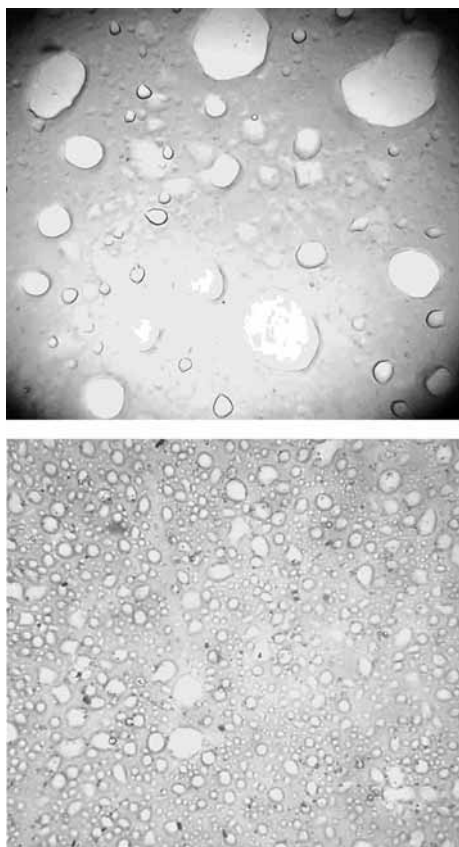


Рис. 8. Микрофотографии капель воды в эмульсии: перед подачей в газодинамический смеситель (вверху); после распыления в сверхзвуковом потоке газа и обработки ультразвуком (внизу)

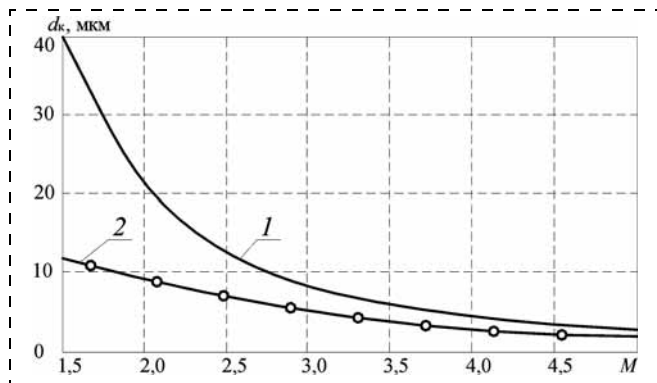


Рис. 9. Зависимость среднего диаметра капель воды в эмульсии  $d_k$  (мкм) от числа Маха  $M$  на срезе сверхзвуковых сопел:

1 — после распыления в сверхзвуковом потоке газа (после первой стадии); 2 — после распыления в сверхзвуковом потоке газа и обработки полученной распыленной эмульсии ультразвуком (после второй стадии)

газа можно проводить в одну стадию и отказаться от дополнительной обработки ультразвуком.

Повышение дисперсности капель воды обуславливает рост однородности эмульсии, а следовательно, повышает эффективность горения ВТЭ в камере сгорания и экологичность сжигания ВТЭ.

## Выводы

1. Применение ВТЭ обуславливает высокую эффективность работы энергетических установок и обеспечивает минимизацию выбросов токсичных веществ в окружающую среду.

2. При сжигании ВТЭ образуются высокодисперсные капли, обеспечивающие высокую полноту сгорания.

3. Традиционные технологии формирования ВТЭ, основанные на применении аппаратов с мешалками, устройств с турбулизаторами, циркуляционных аппаратов, вибрационных и ультразвуковых смесителей, не позволяют обеспечить высокую однородность ВТЭ.

4. Формирование ВТЭ в газодинамическом смесителе проходит в две стадии. На первой стадии компоненты ВТЭ подвергают интенсивному диспергированию в сверхзвуковом потоке газа. На второй стадии эмульсию обрабатывают ультразвуком. В результате двухстадийной обработки однородность ВТЭ существенно возрастает, капли воды находятся в эмульсии в высокодисперсном состоянии, средний диаметр капель воды составляет 1...10 мкм.

## Список литературы

1. **Плановский А. Н.** Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. 3-е изд. — М.: Химия, 1987. — 540 с.
2. **Патент** на изобретение № 2381826 МПК<sup>7</sup> B01F 3/08. Система приготовления водно-топливной эмульсии для двигателя внутреннего сгорания / Баканов А. Г., Тихонова Е. Л., Абинаев А. К. Заявка: 2008121398/15 от 29.05.2008, опубликован 20.02.2010. Официальный сайт ФИПС: [www.fips.ru](http://www.fips.ru).
3. **Патент** на изобретение № 2119529 МПК<sup>7</sup> C10L 1/32. Способ приготовления водно-мазутной топливной эмульсии / Савушкин С. А. Заявка: 96107493/04 от 16.04.1996, опубликован 27.09.1998. Официальный сайт ФИПС: [www.fips.ru](http://www.fips.ru).
4. **Патент** на изобретение № 2348448 МПК<sup>7</sup> B01F 11/02. Устройство для получения водно-топливной эмульсии / Белковский Л. В., Белковский Д. Л., Колп Я. А. Заявка: 2004112069/15 от 20.04.2004, опубликован 10.03.2009. Официальный сайт ФИПС: [www.fips.ru](http://www.fips.ru).
5. **Патент** на изобретение № 2357790 МПК<sup>7</sup> B01F 5/06. Смеситель текучих веществ / Андрияшкин А. Ю. Заявитель и патентообладатель: БГТУ "ВОЕНМЕХ". Заявка: 2008110190/15 от 17.03.2008, опубликован 10.06.2009. Официальный сайт ФИПС: [www.fips.ru](http://www.fips.ru).
6. **Патент** на изобретение № 2358796 МПК<sup>7</sup> B01F 11/02. Ультразвуковой смеситель / Андрияшкин А. Ю. Заявитель и патентообладатель: БГТУ "ВОЕНМЕХ". Заявка: 2008114130/15 от 10.04.2008, опубликован 20.06.2009. Официальный сайт ФИПС: [www.fips.ru](http://www.fips.ru).
7. **Патент** на полезную модель № 105595 МПК<sup>7</sup> B01F 5/20. Смеситель жидкостей / Андрияшкин А. Ю. Заявитель и патентообладатель: БГТУ "ВОЕНМЕХ". Заявка: 201101139/05 от 12.01.2011, опубликован 20.06.2011. Официальный сайт ФИПС: [www.fips.ru](http://www.fips.ru).

А. И. Мухамадеева<sup>1</sup>, асп., С. А. Кирлан<sup>2</sup>, д-р хим. наук, зав. лаб.,  
Ф. А. Шахова<sup>1</sup>, канд. хим. наук, доц., Г. Г. Ягафарова<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф.,  
зав. кафедрой, Е. А. Кантор<sup>1</sup>, д-р хим. наук, проф., зав. кафедрой

<sup>1</sup> Уфимский государственный нефтяной технический университет

<sup>2</sup> Научно-исследовательский технологический институт гербицидов и регуляторов  
роста растений с опытно-экспериментальным производством АН РБ, г. Уфа  
E-mail: muh88@ya.ru

## Прогнозирование ориентировочно безопасных уровней воздействия и биотестирование бутилнафталинсульфоокислоты, 2-гуанидинобензимидазола, N,N-тетраметилметиленамина и 2-аминобензимидазола

Приведены результаты прогнозирования ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) для бутилнафталинсульфоокислоты, 2-гуанидинобензимидазола, N,N-тетраметилметиленамина и 2-аминобензимидазола в воде водоемов рыбохозяйственного значения. Представлены результаты биотестирования исследуемых веществ на тест-объекте инфузория-туфелька. Даны полученные значения допустимых концентраций для каждого вещества. Показаны результаты сопоставления прогноза расчетных ОБУВ с результатами биотестирования, которые выявили, что значения допустимых концентраций попадают в прогнозные интервалы значений ОБУВ.

**Ключевые слова:** биотестирование, индекс токсичности, инфузория-туфелька, модель, ориентировочно безопасный уровень воздействия, пестициды, прогнозирование, рыбохозяйственный водоем

**Mykhamadeeva A. I., Kirlan S. A., Shakhova F. A., Yagafarova G. G., Kantor E. A.**  
*Forecasting Tentative Safe Exposure Levels and Biotesting of Butylnaphthalene Monosulphonic Acid, 2-Guanidinebenzimidazole, N,N-Tetramethylethylenediamine and 1H-Benzimidazole-2-Amine*

Presents the results of forecasting tentatively without-hazardous exposure levels for butylnaphthalene monosulphonic acid, 2-guanidinebenzimidazole, N,N-tetramethylethylenediamine and 1H-benzimidazole-2-amine in water bodies of commercial fishing importance. Performed biotesting of researched substances on a test object Shoe-Shoe, the values of permissible concentrations of each substance. Forecast results settlement limits are compared with the results of biotesting. It is revealed that the values of the permissible concentrations fall within the forecast intervals of values min.

**Keywords:** biotesting, toxicity index, ciliate slipper, model, approximately safe levels of impact, pesticides, forecasting, fishery water body

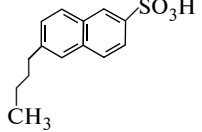
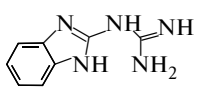
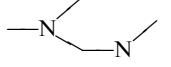
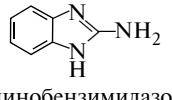
Широкое использование пестицидов в сельском хозяйстве может привести к загрязнению окружающей среды. Многие из них, например гексахлоран, полихлорпинен, гептахлор и др., в заметных количествах присутствуют не только в почве, но и в воде, накапливаются в донных отложениях. Основными источниками поступления пестицидов в водные объекты являются поверхностные стоки, талые дождевые и грунтовые воды, коллекторно-дренажные воды, сбрасываемые с орошаемых сельскохозяйственных территорий. Значительная часть пестицидов и компонентов, входящих в их препаративные формы, попадают в водные объекты со сточными водами промышленных предприятий, при транспортировке и хранении [1].

Производство пестицидов постоянно совершенствуется — разрабатываются новые способы получения биологически активных веществ, исследуются компоненты препаративных форм, подбираются оптимальные дозы действующих веществ. Учитывая перспективы использования исследуемых веществ, целесообразно оценить их опасность, чтобы уменьшить риск неблагоприятных воздействий на гидробионтов, на водную экосистему в целом, на здоровье человека.

Бутилнафталинсульфоокислота (**1**) — компонент препаративной формы гербицида 2,4-Д [2]; 2 — гуанидинобензимидазол (**2**) — перспективный фунгицид [3]; N,N-тетраметилметиленамин (**3**) — полупродукт синтеза солей нафталинсульфоокислот [2]; 2-аминобензимидазол (**4**) является исходным компонентом для синтеза бензимидазолов — полупродуктов синтеза фунгицидов, может быть использован в качестве антигельминтных препаратов и фунгицидов при протравливании семян [3]. В настоящее время для указанных соединений **1—4** отсутствуют сведе-



# Результаты прогноза интервалов значений ОБУВ (мг/л)

 Бутилнафталинсульфо- кислота (1) $0,0001 < \text{ОБУВ} \leq 0,001$	 2-Гуанидинобензимидазол (2) $\text{ОБУВ} \geq 0,1$
 N,N-Тетраметилметилен- диамин (3) $\text{ОБУВ} \geq 0,1$	 2-Аминобензимидазол (4) $\text{ОБУВ} \geq 0,1$

ния о токсичности по отношению к водным организ-  
мам и допустимых нормах содержания их в воде.

Возможность оценки безопасных уровней воз-  
действия (ОБУВ) органических соединений в воде  
водных объектов рыбохозяйственного значения  
показана в работе [4]. На основе теории распозна-  
вания образов с применением компьютерной сис-  
темы SARD-21 (Structure Activity Relationship &  
Design) сформированы модели для оценки интер-  
валов значений ОБУВ органических веществ [5].  
Сформированный комплекс моделей может быть  
применен для прогноза следующих интервалов  
ОБУВ (мг/л):  $\leq 0,0001$ ;  $0,0001 < \text{ОБУВ} \leq 0,001$ ;  
 $0,001 < \text{ОБУВ} \leq 0,01$ ;  $0,01 < \text{ОБУВ} \leq 0,1$ ;  $\geq 0,1$ .

Результаты доэкспериментальной оценки  
ОБУВ, полученные на основании расчета по раз-  
работанным моделям для соединений **1–4**, пред-  
ставлены в таблице.

С целью получения предварительных сведений  
о допустимых концентрациях исследуемых ве-  
ществ (**1–4**) в воде водоемов выполнено исследо-

вание степени их токсичности по отношению к  
гидробионтам. Исследование проводилось мето-  
дом биотестирования, по хемотаксической реак-  
ции тест-объекта инфузория-туфелька (*Parame-  
cium caudatum*) с помощью прибора "Биотестер-2".  
Измеряемым токсикологическим параметром яв-  
лялся индекс токсичности  $T$ , характеризующий  
степень токсичности образца. Он выражается в от-  
носительной разнице концентрации клеток инфу-  
зорий в верхних зонах кювет с контрольными и  
опытными пробами.

$$T = \frac{I_{\text{ср.контр}} - I_{\text{ср.опыт}}}{I_{\text{ср.контр}}},$$

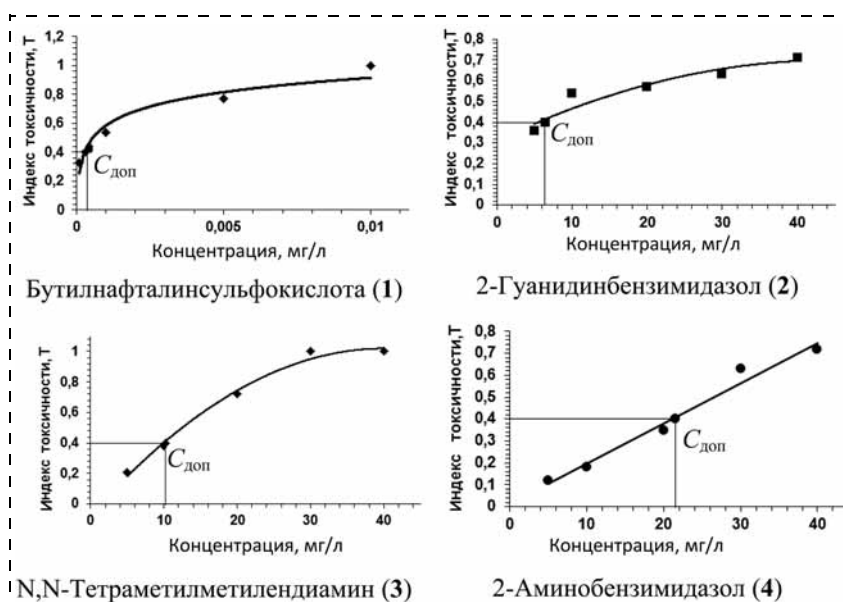
где  $I_{\text{ср.контр}}$ ,  $I_{\text{ср.опыт}}$  — среднее показание прибора  
(концентрация клеток) для контрольных и опыт-  
ных образцов соответственно.

Допустимой степенью токсичности являются зна-  
чения  $0,00 < T \leq 0,40$ ; умеренной  $0,4 < T \leq 0,7$  и  
высокой  $T > 0,7$  [6]. По зависимости индекса ток-  
сичности  $T$  от концентрации  $C$ , мг/л, веществ **1–4**  
(см. рисунок) определены допустимые concentra-  
ции —  $C_{\text{доп}}$  соединений в воде: для соединения **1**  
 $C_{\text{доп}} = 0,0003$  мг/л; для соединения **2**  $C_{\text{доп}} = 6,2$ ;  
для соединения **3**  $C_{\text{доп}} = 10,1$ ; для соединения **4**  
 $C_{\text{доп}} = 21,7$  мг/л.

Таким образом, для всех исследованных соедине-  
ний определенные экспериментально допустимые  
концентрации в воде соответствуют рассчитанным  
интервалам значений ОБУВ органических соедине-  
ний в водных объектах рыбохозяйственного значения.

## Список литературы

1. Методические указания для органов санитарно-эпидемиоло-  
гической службы по санитарной охране водоемов от загряз-  
нения пестицидами в связи с применением их в сельском хо-  
зяйстве № 846-79 от 17 апреля 1970 г. [Электронный ресурс].  
— Нормативно-правовая библиотека "НОР-  
МАТИВ™ PRO" // Режим доступа:  
<http://normativ.ua/> свободный. — Загл. с эк-  
рана.
2. Эфрос Л. С., Горелик М. В. Химия и техно-  
логия промежуточных продуктов. — Л.: Хи-  
мия, 1989. — С. 544.
3. Пилигин В. С. Азотсодержащие гетероцик-  
лические соединения. Синтез и биологиче-  
ская активность производных 2-аминобензи-  
мидазола и 1, 3, 5-симм-триазина. — Уфа:  
Гилем, 2008. — 376 с.
4. Мухамедеева А. И., Кирлан С. А., Ягафа-  
рова Г. Г., Кантор Е. А. Прогнозирование  
безопасных уровней воздействия органиче-  
ских веществ в водоемах рыбохозяйственного  
значения // Башкирский химический жур-  
нал. — 2013. — Т. 20. — № 2. — С. 49–52.
5. Свидетельство об официальной регистра-  
ции программы для ЭВМ № 2011612273.  
Программные модули компьютерной сис-  
темы SARD-21 для прогноза и моделирования  
биологически активных химических соеди-  
нений / Кирлан С. А. (RU). Зарегистриро-  
вано в Реестре баз данных 17.03.2011.
6. ПНД Ф Т 14.1.2:3:4.2—98 Методика опре-  
деления токсичности воды по хемотаксиче-  
ской реакции инфузорий.



УДК 658.52.011.55; 332.1; 330.15; 62-531; 66-963; 66.03

**И. С. Масленникова**, д-р техн. наук, проф., засл. деят. науки и техники РФ,  
**О. Н. Еронько**, канд. хим. наук, доц., **Т. Ю. Грищенко**, канд. экон. наук, доц., зав.  
кафедрой, Санкт-Петербургский государственный экономический университет  
E-mail: olgaeronko@mail.ru

## Использование промышленных отходов для повышения надежности эксплуатации строительных сооружений

*Описана новая, не вызывающая экологического загрязнения окружающей среды, технология использования отходов предприятий химической и металлургической промышленности для синтеза нетоксичных аминокомплексных соединений (АКС) многоцелевого назначения, а также новая технология мелиорации глинистых высоковлажных грунтов посредством добавок АКС.*

**Ключевые слова:** отходы производства, аминокомплексные соединения, глинистые грунты высоковлажные, техническая мелиорация, экологическая безопасность

**Maslennikova I. S., Eronko O. N., Grisichenko T. Yu.** *Increasing Reliability of Exploitation of Buildings and Structures Through the Use of Industrial Waste*

*It is offered a new environmentally friendly technology of use of wastes from the enterprises of chemical and metallurgical industries for synthesis of multipurpose non-toxic amino complex compounds (ACC), and also a new technology of melioration of high moisture clay soil by adding of ACC.*

**Keywords:** waste materials of production, amino complex compounds, clay soil, high moisture, technical melioration, ecological safety

Многочисленными исследованиями доказано, что неоднократное промораживание-оттаивание, нарушающее термодинамическое равновесие между компонентами глинистых пород, вызывает необратимые изменения их состава, состояния и свойств. Наибольшие изменения дисперсности пород в природных условиях происходят при знакопеременном температурном воздействии, которое вызывает ряд необратимых преобразований минерального скелета породы, связанных с фазовыми переходами воды и температурными дефор-

мациями. Механизм этого процесса имеет сложную физико-химическую природу. Установлено, что изменение гранулометрического и агрегатного составов промерзающих и оттаивающих глинистых пород протекает в двух противоположных направлениях. С одной стороны, происходит дезинтеграция наиболее крупных частиц, с другой — агрегирование коллоидных и глинистых частиц. Изменения состояния и свойств глинистых пород после промораживания-оттаивания определяются характером и степенью преобразования их состава, а также условиями и скоростью промораживания. Колебания влажности и плотности глинистых пород могут происходить в сторону как понижения, так и повышения этих показателей. Существенное уменьшение пластичности обусловлено, главным образом, снижением величины верхнего ее предела при постоянном значении нижнего предела.

Глинистые грунты, распространенные в северных районах страны, как правило, находятся в мерзлом состоянии и при оттаивании могут переходить в текучее состояние. Строительство на глинистых грунтах, в районах с суровым климатом значительно осложняется развитием криогенных процессов, таких как морозное пучение и морозобойное растрескивание, протекающих в дисперсных связных отложениях при знакопеременном температурном воздействии. В результате весной можно увидеть покосившиеся хозяйственные постройки, трещины на стенах кирпичных домов. Неудовлетворительное состояние автомобильных дорог в результате морозного пучения грунтов приводит к сильному износу автотранспортных средств, перерасходу топлива, многим дорожно-транспортным происшествиям и до предела обостряет экологические проблемы. В связи с этим стоит задача целенаправленного улучшения свойств грунтов для использования их в качестве строительного материала. Направленного изменения состояния и свойств грунтов можно добиться путем введения в них водосвязы-



вающих и гидрофобизирующих поверхностно-активных веществ, приводящих к их необратимым преобразованиям. Из всех известных поверхностно-активных веществ наиболее перспективными являются предложенные авторами нетоксичные аминокомплексные соединения, получаемые из токсичных отходов предприятий химической и металлургической промышленности.

Выполненное исследование связано с решением проблем комплексного использования ресурсов экосистемы и использования отходов промышленных производств, которые ранее подлежали захоронению из-за высокой экологической опасности.

Известно, что токсичные отходы промышленных производств создают большую экологическую опасность. Например, полутвердые отходы производства ароматических аминов, в частности дифениламина, как правило, вывозили на полигон с периодическим сжиганием там. Жидкие отходы производства анилина и его производных, вязкие отходы моноэтиланилина после обработки кислотными стоками сбрасывали в шлаконакопитель. При этом, испаряясь из отходов, токсичные амины загрязняли атмосферу, а проникая через почву в грунтовые воды, загрязняли водоемы. Не исключены залповые выбросы токсичных вод в открытые водоемы. Весь комплекс вредных химических веществ, поступающих в атмосферный воздух и водные бассейны с выбросами промышленных предприятий, оказывает неблагоприятное влияние на почву, растительный мир.

Решить эти проблемы позволит предложенная авторами технология, при которой объектами утилизации явились смолистые отходы предприятий химической промышленности по производству ароматических и алифатических аминов и их производных, а также отходы предприятий металлургической промышленности — хлориды и сульфаты меди, цинка, железа и других металлов [1].

Предложено эти отходы не сжигать и не складировать, а использовать для синтеза нетоксичных аминокомплексных соединений многоцелевого назначения. К АКС относят продукты присоединения анилина и некоторых его производных к солям переходных металлов. Такие АКС, как показали исследования, во-первых, обладают свойствами ингибиторов горения, во-вторых, обеспечивают возможность существенного улучшения свойств глинистых грунтов, остающихся после выемки торфа, на основании которых после их модифицирования возможно строительство дорожного полотна или временных пожарных подъездных путей.

Новая технология мелиорации глинистых высоковлажных грунтов посредством добавок АКС позволяет улучшить свойства глинистых грунтов.

Большие затруднения при мелиорации глинистых пород связаны с невозможностью их равномерного смешения с вяжущими веществами. Предложенная технология мелиорации относится к случаю поверхностной обработки высоковлажных глинистых пород различного, но преимущественно гидрослюдистого состава, которые наиболее широко распространены в северной части России. Специфические свойства композиционного материала при его использовании обеспечивают достаточно высокий экономический эффект.

Техническая мелиорация глинистых грунтов является важной народнохозяйственной проблемой, имеющей большое научное и прикладное значение. От успешного ее решения зависят технико-экономические показатели ряда областей строительства. Особенно большие трудности возникают при строительстве гражданских и транспортных сооружений на высоковлажных грунтах. Очевидно, что разработка новых методов технической мелиорации глинистых грунтов, способствующих повышению эффективности дорожно-строительных работ, весьма важна. Из известных методов технической мелиорации глинистых пород наиболее перспективными являются химические.

Авторами доказана возможность обработки глинистых пород готовыми, заранее синтезированными АКС. Это дало импульс решению крупной народнохозяйственной проблемы — созданию нового материала, основанного на использовании глинистых пород повышенной влажности и АКС, получаемых из отходов предприятий химической и металлургической промышленности. Для обоснования применения АКС в указанном направлении предварительно была проведена работа по их синтезу из чистых препаратов, затем из отходов химических и металлургических предприятий, а также по изучению физико-химических свойств АКС.

Установленные закономерности базируются на большом экспериментальном материале, полученном с помощью комплекса современных физических и физико-химических методов (ИК-спектроскопия, рентгенография, магнетохимия, электронный парамагнитный резонанс, калориметрия, совмещенный метод термогравиметрии и дифференциального термического анализа), а также лабораторных и полевых методов, применяемых в инженерной геологии. Достоверность результатов теоретических и экспериментальных исследований подтверждается тем, что в производственных условиях синтезировано аминокомплексное со-

единение, которое использовано при создании нового материала. Новый материал успешно прошел испытания в производственных условиях.

Исследования химических и физико-химических свойств АКС, кроме теоретического, имеют большое прикладное значение, так как АКС широко используются в практических целях. В частности, авторами показано, что АКС представляют интерес для управления некоторыми производственными процессами, например, при флотационном обесшламлинии калийных руд; частичном обезвреживании коллоидных гелей амфотерных гидроксидов и глинистых минералов; использовании глинистых пород как сырья керамической промышленности. Аминокислотные соединения могут применяться в качестве компонента асфальтобетонной смеси, отвердителей карбамидных смол, а также как компонент смеси для обезвреживания и литификации бытовых и промышленных отходов и донных осадков [1, 2]. В статье излагается преимущественно использование АКС для целей технической мелиорации и создания нового материала на базе глинистых пород повышенной влажности.

Использование отходов химических предприятий и металлургического производства для синтеза АКС имеет перечисленные ниже положительные стороны.

1. Одновременное одностадийное обезвреживание неиспользуемых побочных продуктов цветной металлургии и производства ароматических аминов.

2. Отсутствие вторичного загрязнения окружающей среды.

3. Возможность осуществления процесса смешения без растворителя, катализатора, нагревания, а также исключение использования для синтеза АКС товарных продуктов.

4. Простота аппаратуры для синтеза АКС.

5. Простота технологического процесса (нестабильность составов отходов производств ароматических аминов не требует изменения технологических параметров и не приводит к ухудшению качества образующегося продукта).

Аминокислотные соединения проверяются на отсутствие свободного амина и хранятся в полиэтиленовых мешках несколько лет без особых условий хранения, не теряя своих свойств.

Важным свойством АКС является почти полное предотвращение морозного пучения высоковлажных глинистых грунтов, что дает возможность:

— широко использовать местные породы (глинистые пучинистые, в том числе высоковлажные) для устройства земляного полотна;

— уменьшать расход кондиционных материалов (песка, гравия, щебня);

— экономить дефицитное вяжущее — портландцемент и широко использовать отходы предприятий химической промышленности в дорожном строительстве;

— ускорять снижение морозного пучения за счет обработки породы аминокислотными соединениями; при этом уменьшается зависимость свойств породы от погодных условий.

Практическое применение АКС не требует специальных мер соблюдения техники безопасности, отличающихся от общих правил при использовании цемента. Работа с АКС не вызывает опасности и в жаркую погоду, так как они разлагаются только при высоких температурах: например,  $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  при  $225^\circ\text{C}$ ;  $\text{FeCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  при  $125^\circ\text{C}$ . Таким образом, работа с аминокислотными соединениями безвредна.

Введение АКС в глинистый грунт не вызывает загрязнения окружающей среды, так как, например,  $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  растворяется только в сильных кислотах ( $\text{pH} = 1$ ) с концентрацией 3,4 % и щелочах ( $\text{pH} = 12$ ) с концентрацией 2,3 %. Проведенные опыты по выдерживанию в кислых ( $\text{pH} = 3 \dots 6$ ) и щелочных ( $\text{pH} = 8 \dots 10$ ) растворах глинистого грунта, обработанного аминокислотным комплексом, не выявили наличия в свободном виде соли и анилина. Поскольку предлагаемый материал рекомендуется для строительства оснований дорожных покрытий, то маловероятно воздействие на АКС внешних агрессивных сред. Дождевая вода (в среднем  $\text{pH} = 6$ ) и водопроводная вода (в среднем  $\text{pH} = 7,5$ ) практически не вызывают растворения АКС. Проникновение же аминокислотного соединения в материал дорожного покрытия, например в асфальтобетонную смесь, значительно улучшает его свойства.

Представленная работа не имеет аналогов в России и за рубежом.

Научная новизна работы подтверждается патентами РФ [1, 2].

#### Список литературы

1. Масленникова И. С., Масленникова Т. Ю. Патенты Российской Федерации № 2041877, № 2041880, № 2041882, № 2041881, № 2041883.
2. Князько В. М., Князько М. В., Щербакова Е. В., Масленникова И. С. Патент Российской Федерации № 2162068.

УДК 001.4

**К. Е. Панкин**, канд. хим. наук, доц. кафедры, Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова, **А. Ф. Крылов**, канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры, Саратовский государственный университет им. Н. Г. Чернышевского, **В. Н. Карцев**, д-р хим. наук, ведущий специалист-эксперт, ООО "Техносферная безопасность", г. Саратов  
E-mail: texmexium@mail.ru

## О понятии "катастрофа"\*

*На основе анализа имеющихся в научно-технической литературе определений дано более общее определение понятия "катастрофа".*

**Ключевые слова:** катастрофа, определение

**Pankin K. E., Krylov A. F., Kartsev V. N.**  
**Term "Catastrofa" Definition**

*A general definition of term catastrofa was formulated on the basis of analysis of some different catastrofa definitions which were publicated earlier.*

**Keywords:** catastrofa, definition

### Введение

Важным вопросом развития современной науки и техники, а также организации эффективной системы образования является разработка понятийного аппарата, точно отражающего особенности применяемых и изучаемых объектов и явлений. Усвоение данного аппарата позволит быстро наладить взаимопонимание между людьми, осуществляющими трудовую деятельность и/или включенными в учебный процесс.

Полезность и применимость того или иного термина как раз и определяется точностью передачи информационного смысла, вложенного в него и актуального на данный момент времени. Чем более широко может трактоваться термин, тем труднее наладить правильное понимание между различными людьми. В особенности это касается сферы защиты населения и территорий в условиях чрезвычайных ситуаций. В этом случае время, отведенное на прием сведений о происшествии, анализ сложившейся ситуации и выработку решения о правильном алгоритме действий, должно быть минимальным. Сокращению времени на правильное понимание сложившейся обстановки способствует точный смысл используемого термина. При

этом важно обратить внимание на то, что передача информации в современном мире может быть осложнена при использовании различных технических средств связи, а именно:

а) отсутствует устойчивый сигнал или звуковой ряд передается с плохим качеством;

б) канал связи односторонний, т. е. отсутствует возможность подтвердить правильность полученной информации или уточнить ее;

в) отсутствует передача видеоизображения, т. е. отсутствует возможность увидеть лицо и/или артикуляцию собеседника и, совмещая услышанное и увиденное, правильно понять передаваемую информацию.

Своевременная и точная передача информации, а также устранение недопонимания между людьми — залог снижения потерь и ущерба при организации защитных мероприятий и ликвидации последствий чрезвычайной ситуации. Тем не менее не все термины, используемые в данное время, обладают точными формулировками. Понятие катастрофы входит в ряд таких терминов. Сформулировать более общее определение катастрофы призвана данная работа.

### Анализ определений понятия "катастрофа"

Фактически под словом "катастрофа" скрыта целая совокупность различных понятий. Представим для иллюстрации несколько наиболее распространенных определений, взятых из словарей, энциклопедий, учебников и т. п.

1. *Толковый словарь русского языка В. Даля:* катастрофа — важное событие, решающее судьбу или дело; случай гибельный и бедственный [1].

2. *Толковый словарь С. И. Ожегова:* катастрофа — событие с несчастными, трагическими последствиями [2].

3. *Современный толковый словарь:* катастрофа — внезапное бедствие, событие с трагическими последствиями; потрясение, влекущее за собой резкий перелом в личной или общественной жизни [3].

\* Статья публикуется в порядке обсуждения.



4. *Словарь иностранных слов*: катастрофа — внезапное бедствие, событие, влекущее за собой тяжёлые последствия [4].

5. *Советская военная энциклопедия*: катастрофа — внезапное бедствие; событие, влекущее за собой трагические последствия — разрушение и уничтожение, гибель чего-либо, кого-либо; крупное военное поражение; в вооружённых силах считается также происшествие с военной техникой (танком, самолётом, кораблём), повлекшее за собой гибель людей [5].

6. *Крупнейшая электронная энциклопедия "Wikipedia"*: катастрофа — происшествие, возникшее в результате природной или техногенной чрезвычайной ситуации, повлекшее за собой гибель людей или какие-либо непоправимые последствия в истории того или иного объекта [6].

7. *Словарь Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ)*: катастрофа — чрезвычайные события с гибелью или не смертельным поражением 10 пострадавших и более, требующих неотложной медицинской помощи [7].

8. *Учебник С. В. Белова, Е. Н. Симаковой "Ноксология"*: катастрофа — чрезвычайное происшествие в технической системе, сопровождающееся гибелью людей [8].

9. *Учебник В. С. Сергеева "Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях"*: катастрофа — это события с трагическими последствиями, крупная авария с гибелью людей [9].

10. *Монография А. Е. Шейдеггера "Физические аспекты природных катастроф"*: катастрофа — любое изменение окружающей среды, ставящее под угрозу жизнь человека или влияющее нежелательным образом на его работу [10].

По-видимому, из-за такого разнообразия трактовок определение понятия "катастрофа" отсутствует в ГОСТ Р 22.0.02—94 "Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий" [11].

Проанализируем приведенные определения на полноту описания явления "катастрофа". Так, слово "катастрофа" заимствовано из древнегреческого языка *καταστροφή* — переворот, перелом, ниспровержение, смерть. Однако современные литературные источники указывают на то, что катастрофа — это:

а) событие с трагическими, тяжёлыми, непоправимыми последствиями, бедствие (см. определения 1—5, 10);

б) важное событие, перелом в личной и общественной жизни (см. определение 1);

в) внезапное происшествие (см. определения 3—5);

г) негативное изменение окружающей среды (см. определения 6, 8, 10);

д) ситуация, повлекшая человеческие жертвы (см. определения 5, 6, 8, 10);

е) ситуация, в которой нужна помощь извне (см. определение 7);

ж) событие крупного масштаба (см. определение 9).

Выделенное многообразие определений понятия "катастрофа" показывает, что данный термин представляет собой значительное по объёму и сложности понятие, не допускающее пока однозначного толкования. Тем не менее попробуем на примерах проанализировать каждую из выделенных трактовок.

Катастрофа действительно воспринимается как что-то большое, трагическое и непоправимое (а). Однако большая часть явлений, называемых катастрофами, происходящими в окружающей человека среде, не обладает трагическими последствиями. Так, например, изменения климата, движения континентов, заселение территории чужеродными организмами. Подобные процессы достаточно медленны, так что масштаб человеческой жизни не даёт увидеть их трагическую сущность. К тому же эти процессы естественны, как и сама жизнь человека, а естественное завершение жизненного цикла вряд ли можно назвать катастрофой.

С точки зрения современных средств массовой информации катастрофа — это событие, заслуживающее пристального внимания (б). Однако важные события, переломы в личной и общественной жизни могут иметь как отрицательную, так и положительную стороны. Обобщение на данном этапе переходит грань описания изучаемого термина, так как события в жизни человека и общества не могут сопровождаться исключительно катастрофами. Например, важным событием является рождение человека, именины, юбилеи, свадьбы и пр., что нельзя назвать катастрофой.

Катастрофа наряду с аварией является частным случаем чрезвычайных ситуаций (ЧС), которые, в свою очередь, подразделяются по скорости развития событий от взрывных до медленных (плавных). Далеко не все катастрофические события, происходящие в окружающей человека среде, являются внезапными (в), некоторая часть катастроф относится к медленным (изменения климата, паводки), хотя и несут серьёзные последствия для хозяйственной деятельности человека и окружающей среды.

Окружающая человека среда постоянно меняется (г). В принципе любое изменение окружающей среды формально можно назвать негативным с точки зрения нарушения состояния, к которому человек или любая другая система уже адаптировались. Однако приход весны после долгой зимы



вряд ли влияет на человека и его хозяйственную деятельность исключительно отрицательно.

Катастрофа может обходиться без человеческих жертв (д), ярким примером этого является экологическая катастрофа, последствия которой человеком практически не ощущаются, так как созданная человеком техносфера в значительной степени снижает зависимость людей от сил природы.

Необходимость помощи извне (е) также не является достаточным признаком катастрофы, так как благодаря развитию производительных сил, а также наличию разделения труда человек в составе человеческого сообщества способен справиться со многими негативными воздействиями и их последствиями.

Масштабность (ж) является необходимым, но недостаточным признаком катастрофы, так как, к примеру, гибель одного человека нельзя назвать масштабным событием, если учесть численность населения Земли. То же относится к дорожно-транспортным происшествиям с человеческими жертвами — автомобильным катастрофам.

### Формулирование общего определения катастрофы

Анализ определений показал, что ни одна из названных трактовок не отвечает полноте описания понятия "катастрофа". С учетом всего вышеизложенного приведем следующее определение: *Катастрофа — это событие, вызывающее изменения в окружающей человека среде, создающее и несущее угрозу его жизни и здоровью, влияющее нежелательным образом на его хозяйственную деятельность, сопровождающееся тяжелыми, часто непоправимыми последствиями для сложившейся на данной территории экосистемы вплоть до ее полного распада.*

Теперь оценим данное определение на общность:

— катастрофа — это *событие* вне зависимости от того, где возник источник — в природной среде, в техносфере, в социальной сфере, из-за военного конфликта и т. п.;

— катастрофа вызывает *изменения в окружающей среде* вне зависимости от скорости развития событий и не зависит от восприятия человеком их трагического характера;

— катастрофа может как *создавать*, так и *нести угрозу* жизни и здоровью человека. Уточним разницу между этими терминами. Термин "*создание угрозы*" означает необязательность исполнения в полной мере опасного смысла самой угрозы (воз-

можно, наличие низкой вероятности проявления факторов, опасных для жизни человека). В противоположность этому термин "*несение угрозы*" означает высокую (часто 100 %-ную) вероятность проявления факторов, способных лишить человека жизни;

— катастрофа *нежелательным образом влияет на хозяйственную деятельность человека*. Любое нежелательное изменение ведет к нарушению нормального функционирования хозяйственной деятельности. В этом случае катастрофа действительно имеет отрицательное воздействие независимо от возможности устранить последствия такого воздействия;

— катастрофа *сопровождается тяжелыми, часто непоправимыми последствиями для сложившейся на данной территории экосистемы вплоть до ее полного распада*. Эта часть определения охватывает большой пласт катастрофических событий, происходящих в экосистемах, не всегда сопровождающихся большими потерями для человека и его хозяйственной деятельности, так как современная техносфера является своеобразной "экосистемой" для человека.

Анализ определений понятия "катастрофа", опубликованных в литературных источниках, позволил сформулировать приведенное выше определение понятия "катастрофа" и провести анализ этого определения на общность с предложенных точек зрения.

### Список литературы

1. **Даль В. И.** Толковый словарь живого великорусского языка. — М.: Гос. изд-во иностр. и нац. словарей, 1955. Т. 2. — С. 97.
2. **Ожегов С. И.** Словарь русского языка / Под. ред. Н. Ю. Шведовой. — М.: Русский язык, 1975. — С. 248.
3. **Современный толковый словарь** русского языка / Под. ред. С. А. Кузнецова. — СПб.: Норинт, 2001. — С. 265.
4. **Словарь** иностранных слов. — М.: Изд-во иностр. и нац. словарей, 1990. — С. 313.
5. **Советская военная энциклопедия**. — М.: Воениздат Мин. обороны СССР, 1977. — Т. 4. — С. 121.
6. **Википедия** — свободная энциклопедия (URL: ru.wikipedia.org)
7. **Нечаев Э. А., Фаршатов М. Н.** Военная медицина и катастрофы мирного времени / Под ред. Э. А. Нечаева. — М.: НИО "Квартет", 1994. — 319 с.
8. **Белов С. В., Симакова Е. Н.** Ноксология: учебник для бакалавров / Под общ. ред. С. В. Белова. — М.: Юрайт, 2012. — С. 48.
9. **Сергеев В. С.** Защита населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. — М.: Академический Проект, 2003. — С. 9.
10. **Шейдеггер А. Е.** Физические аспекты природных катастроф. — М.: Недра, 1981. — С. 7.
11. **ГОСТ Р 22.0.02—94** "Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий".

УДК 622.692.4:620.193

**А. В. Фролов**<sup>1</sup>, канд. техн. наук, проф., **Ю. В. Власов**<sup>1</sup>, канд. хим. наук, доц.,  
**И. В. Абрамов**<sup>2</sup>, начальник пожарно-спасательной службы,  
**А. И. Иващенко**<sup>3</sup>, генеральный директор

<sup>1</sup> Южно-Российский государственный технический институт, г. Новочеркасск

(Новочеркасский политехнический институт)

<sup>2</sup> ООО "Газпромпереработка", г. Сургут

<sup>3</sup> УЭК "Пожаудит-Юг", г. Ростов-на-Дону

E-mail: bgd\_frolov@mail.ru

## Физико-химические процессы и причины аварий на нефтетрубопроводах

Представлен анализ физико-химических процессов, приводящих к авариям на трубопроводах при транспортировке нефтепродуктов. Анализ строится на примере конкретной аварии на трубопроводе широких фракций легких углеводородов. Изучена возможность возникновения аварии за счет формирования потенциала течения на границе металл-углеводород при очистке нефтепродуктов. Рассмотрен вклад в создание аварийной ситуации процесса образования пирофорных соединений. Изучены условия возможного воспламенения за счет роста давления при очистке трубопровода в адиабатном приближении. Установлено, что наиболее вероятными причинами аварий являются создание взрывоопасной смеси углеводородов и наличие источника воспламенения, обусловленного статическим электричеством (потенциала течения). Менее вероятными причинами являются рост температуры при сжатии газовой смеси и самовоспламенение пирофорных соединений.

**Ключевые слова:** аварии на нефтетрубопроводах, динамические процессы на границе металл-углеводород, пирофорные соединения, воспламенение за счет градиента давления, статическое электричество

**Frolov A. V., Vlasov Yu. V., Abramov I. V., Ivashchenko A. I.** Physical and chemical processes and causes of emergencies on oil pipelines

The paper presents analysis of physical and chemical processes leading to emergencies on pipelines when transporting oil products. The analysis is based on the example of a specific accident on the pipeline of light hydrocarbons broad fractions. The possibility of accident due to the formation of streaming potential at the metal-hydrocarbon boundary while cleaning oil pipelines is studied. The impact of the pyrophoric compounds formation on the creation of emergency case is considered. The conditions for potential inflammation due to pressure rise while cleaning the pipeline using adiabatic approximation are examined. It is found out that the most probable causes of accident are the formation of explosive mixture of hydrocarbons and the

presence of inflammation source due to static electricity (streaming potential). Less likely causes are the temperature rise while compressing the Guises mixture and self-ignition of the pyrophoric compounds.

**Keywords:** emergencies on oil pipelines, dynamic processes at the metal-hydrocarbon boundary, pyrophoric compounds, inflammation due to the pressure gradient, static electricity

### Введение

При транспортировке нефтепродуктов по трубопроводам существует риск возникновения аварийных ситуаций, результатом которых являются разрыв трубопровода, материальные потери и несчастные случаи. Учитывая разветвленную сеть магистральных трубопроводов, создание способов и средств, снижающих риски возникновения аварий на данных объектах, является актуальной задачей. Разработка рекомендаций по снижению аварийности ведется в двух направлениях: 1) моделирование полей потенциального риска на основе теории размерностей [1, 2]; 2) вероятностные методы [3]. Эти методы имеют свои положительные стороны. Однако они не вскрывают физико-химическую сущность явлений и причины возникновения аварий, что важно для создания эффективных способов их предупреждения.

Все это делает необходимым изучение физико-химических процессов, создающих условия возникновения аварий при транспортировке нефтепродуктов по трубопроводам. Понимание этих процессов позволяет прогнозировать возможные аварийные ситуации и разрабатывать на этой основе мероприятия по снижению уровня риска возникновения аварий на нефтетрубопроводных комплексах.

Предлагаемая работа посвящена рассмотрению этих задач на конкретных примерах. За основу взята авария на трубопроводе широких фракций легких



углеводородов (ШФЛУ) "Сургут — Южный Балык", которая произошла во время очистки трубопровода.

Согласно представленным данным, фотографиям и схеме места происшествия во время движения второго поршня-очистителя произошел разрыв трубы диаметром 530 мм и толщиной стенок 6,3 мм с выбросом нефтепродуктов. При этом образовался разрыв размером примерно  $1750 \times 1730 \text{ мм}^2$  с загнутыми и деформированными краями (рис. 1, 2 — см. 3-ю стр. обложки).

Характер разрушения трубы свидетельствует о том, что оно могло произойти только под действием взрыва внутри трубы. Разрыву трубы способствовали коррозия металла, температурные перепады, морозные пучения почвы, которые привели к локальным напряжениям металла и, как следствие, к образованию гофр и ослаблению прочности стенок трубопровода. Однако основная работа по разрушению трубы с образованием характерной (развороченной) геометрии места разрыва выполнена за счет энергии взрыва взрывоопасной смеси паров ШФЛУ и кислорода газозооушной смеси, сопровождающегося высокими давлением и температурой.

Взрыву предшествовали следующие события. Для прогонки застрявшего при очистке первого поршня была произведена повторная заправка поршня-разделителя с очистными манжетами. При этом в межпоршневое пространство объемом около  $440 \text{ м}^3$  был закачан  $1 \text{ м}^3$  дизельного топлива, а вследствие разгерметизации в межпоршневое пространство попал воздух. Взрыв произошел примерно через 10 ч после начала движения второго поршня.

Возникновение взрыва стало возможным при наличии взрывоопасной концентрации паров углеводородов и источника воспламенения.

#### **Процессы образования взрывоопасной концентрации паров углеводородов**

Широкая фракция легких углеводородов является легковоспламеняющейся жидкостью с концентрационными пределами распространения пламени 1,3...9,5 % об. (технологический регламент резервного парка (РП) ШФЛУ-4 Сургутского завода по стабилизации конденсата (ЗСК)).

Дизельное топливо является легковоспламеняющейся жидкостью с температурой вспышки  $+35...+55 \text{ }^\circ\text{C}$  (технологический регламент цеха отгрузки готовой продукции (ОГП) Сургутского ЗСК), с концентрационными пределами распространения пламени 1,4...8 % об. (технологический регламент установки моторных топлив (УМТ) Сургутского ЗСК).

Температура вспышки — это температура, при которой парциальное давление (концентрация) паров жидкости настолько высока, что они вспыхивают при наличии источника воспламенения, но прекращают горение из-за недостатка горючей

смеси. Данная концентрация находится между нижним и верхним концентрационными пределами распространения пламени (НКПРП и ВКПРП). Можно сказать, что температура вспышки при наличии источника воспламенения — это значение, которое связывает давление и концентрацию насыщенных паров, находящихся в пределах НКПРП и ВКПРП.

Дизельное топливо всех марок имеет температуру вспышки выше  $+35 \text{ }^\circ\text{C}$ . Значение давления насыщенных паров по Рейду составляет 10...13 мм рт. ст. Практически концентрация паров может достичь уровня свыше 1,5 % об. (т. е. попасть во взрывоопасную область) только при температуре более  $+35 \text{ }^\circ\text{C}$ . В диапазоне температуры от минусовых значений до  $+35 \text{ }^\circ\text{C}$  пары дизельного топлива в части возникновения взрыва безопасны.

Напротив, пары ШФЛУ представляют опасность в части возникновения взрыва в очень широком температурном диапазоне: от значения ниже  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$  (давление насыщенных паров (ДНП) более 120 мм рт. ст.) до значения выше  $+40 \text{ }^\circ\text{C}$  (ДНП более 3000 мм рт. ст.). Концентрация паров может достичь уровня свыше 1,5 % об. (т. е. попасть во взрывоопасную область) при температурах ниже  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ . Однако вследствие большого давления насыщенных паров концентрация паров ШФЛУ в закрытой системе быстро превысит ВКПРП и станет безопасной в части возникновения взрыва.

При наличии двухкомпонентной системы "жидкое дизельное топливо — пары ШФЛУ" вследствие различных давлений насыщенных паров этих компонентов будет проходить процесс поглощения паров ШФЛУ дизельным топливом. Процесс будет проходить до тех пор, пока парциальное давление паров ШФЛУ в системе не станет равным давлению насыщенных паров дизельного топлива при температуре процесса. Таким образом, в процессе поглощения концентрация паров ШФЛУ будет снижаться и может достичь взрывоопасного диапазона.

Скорость поглощения паров ШФЛУ дизельным топливом зависит от площади контакта паров с зеркалом жидкости, а также от температуры окружающей среды и дизельного топлива, диффузионных параметров. Установлено, что при низких температурах процесс поглощения паров легких углеводородных фракций происходит наиболее интенсивно. Скорость поглощения также зависит от интенсивности перемешивания жидкого продукта, т. е. обновления поверхностного слоя (за счет конвективной диффузии).

Экспериментальными исследованиями по поглощению паров легких углеводородных фракций выявлено, что дизельное топливо является хорошим абсорбентом паров углеводородных фракций и применяется в качестве последнего в установках

для утилизации паров. Опытным путем установлено, что для улавливания (извлечения) летучих углеводородов из 1 м<sup>3</sup> паровоздушной смеси (ПВС) с концентрацией до 50 % об. достаточно 20...25 л дизельного топлива с условием развитого контакта, т. е. наличия большой поверхности соприкосновения дизельного топлива и ПВС.

В качестве аналога может быть рассмотрена авария на предприятии ЗАО "Петербургский нефтяной терминал" 31.05.2005 г. Авария возникла при операции по сливу дизельного топлива — воспламенились пары нефтепродукта. Специалисты ОАО "Промприбор" пришли к следующему выводу: дизельное топливо сливалось в резервуар, где находились пары бензина с концентрацией выше взрывоопасной. При поступлении дизельного топлива концентрация паров снизилась до взрывоопасной и произошел взрыв из-за разряда статического электричества внутри приемной емкости. Этот механизм обусловлен сложным сочетанием паров углеводородов C<sub>9</sub>—C<sub>16</sub> (дизельное топливо) и C<sub>4</sub>—C<sub>6</sub> (бензин).

Различие углеводородной составляющей жидкостей обуславливает различные давления насыщенных паров. Этот факт является решающим в формировании взрывоопасной концентрации паров в определенном объеме.

Степень улавливания легких углеводородных фракций такова, что их остаточная доля в ПВС после контакта с дизельным топливом устанавливается в пределах 2...10 % об. Такие пределы соответствуют взрывоопасной концентрации паров ШФЛУ 1,3...9,5 % об.

Следовательно, введение дизельного топлива в трубопроводную систему ШФЛУ могло привести к поглощению дизельным топливом паров ШФЛУ, образовавшихся из оставшейся на стенках трубопровода после прохождения первого поршня жидкости, что в совокупности с минусовой температурой и наличием кислорода в пространстве между поршнями (попадание воздуха при вырезке катушки, извлечении оборванного поршня, запасовке второго поршня), могло привести к образованию взрывоопасной смеси на участке между двумя поршнями.

Минимальное содержание кислорода, при котором возможно воспламенение паров углеводородов, можно ориентировочно оценить по диаграмме пределов взрывчатости смеси метана с воздухом (рис. 3).

Выбор метана в качестве опорного углеводорода обусловлен прежде всего тем, что он является наиболее инертным среди алифатических углеводородов и в различных реакциях, более всего характерных для этого класса органических соединений [4]. Примером могут быть данные об относительной скорости галогенирования различных C—H связей некоторых углеводородов в реакциях галогенирования.

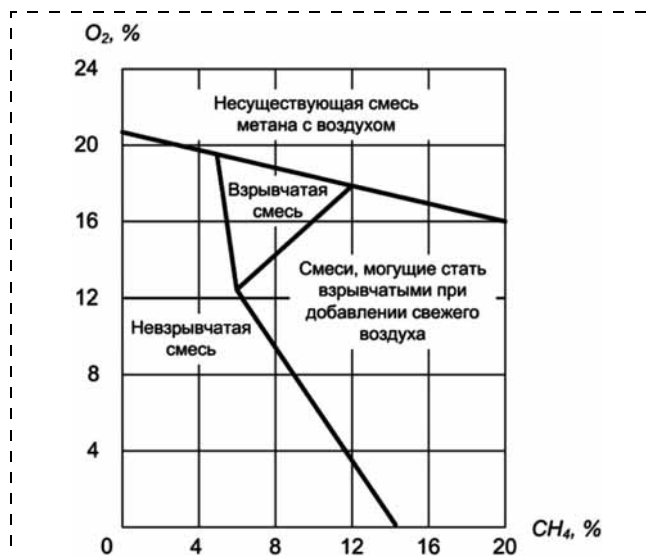


Рис. 3. Пределы взрывчатости смесей метана с воздухом

Из представленной диаграммы (см. рис. 3) следует, что взрывоопасная смесь может образоваться только при концентрации кислорода более 12 % об.

Из данных энциклопедии [5] известно, что минимальное взрывоопасное содержание кислорода (МВСК) — концентрация кислорода в горючей смеси, состоящей из горючего вещества, воздуха и флегматизатора, меньше которой распространение пламени в смеси становится невозможным при любой концентрации горючего в смеси, разбавленной данным флегматизатором. Значение МВСК приблизительно одинаково для многих горючих газов и паров. Если в качестве флегматизатора используется азот (случай горения в воздухе), то для большинства горючих веществ МВСК составляет 11,0...13,5 % об. Исключением являются смеси, содержащие водород, монооксид углерода или ацетилен, для которых МВСК составляет 5...6 % об.

Это также подтверждается опубликованными в Интернете [6] данными о том, что критическим показателем для кислорода воздуха как окислителя является его концентрация в воздушной среде закрытого судового помещения выше 12...14 % об. Ниже этой концентрации горение абсолютного большинства горючих веществ не происходит.

Уточнить значения МВСК (для конкретного состава ШФЛУ) можно путем проведения сложного эксперимента по методике, утвержденной ВНИИПО МВД России 27.12.1996 г. "Определение концентрационных пределов распространения пламени, минимального взрывоопасного содержания кислорода, минимальной флегматизирующей концентрации газопаровоздушных смесей при повышенных давлениях и температурах".

Что касается расчетных методов, например, по ГОСТ 12.1.010—78, то необходимо отметить, что



они не обладают достаточной точностью, поскольку для этого нужно знать не только количественное содержание фракции ШФЛУ, но и химическую формулу доминирующего компонента, представление об основных химических связях, играющих ведущую роль в процессе горения. При этом расчеты коэффициентов не учитывают эффекта суммации и др.

В результате проведения трудоемкого эксперимента или сложных приближительных расчетов можно незначительно уточнить значение МВСК для конкретного состава ШФЛУ (в лучшем случае десятые доли процентов), что с практической точки зрения нецелесообразно.

Учитывая вышеизложенное, можно с достаточной для практики достоверностью утверждать, что минимальная взрывоопасная концентрация кислорода в парогазовоздушной среде, при которой возможны воспламенение и взрыв паров ШФЛУ, составляет 11...12 % об.

#### Механизм образования статического электричества и его разряда при транспортировке нефтепродуктов

Как указано выше, в межпоршневом пространстве возможно образование различных аэрозолей. Известно, что любой аэрозоль имеет электрический заряд. На каком-то этапе создается объемный заряд, способный спровоцировать электрический пробой как при парном взаимодействии разноименных зарядов, так и при взаимодействии с заземленной поверхностью трубы. В результате возникает электрическая искра с температурой ~3000...4000 °С, поджигающая взрывчатую смесь, т. е. возникает взрыв (рис. 4). Данный процесс разряда заряженных аэрозолей детально не изучен, и определить уровень его опасности возможно только при получении дополнительной информации.

Переходя к анализу влияния явления электризации на возникновение аварии при движении углеводородных жидкостей, следует подчеркнуть, что практики давно пытаются уменьшить риск электрического пробоя. Существует ряд нормативных документов по этой проблематике (например, РД 39-22-11—78 [7]). Механизмы электризации углеводородных жидкостей в процессе их движения основываются на применении физико-химических закономерностей электрокинетических явлений. Данный подход вполне логичен, так как предполагает пониманием возникновения потенциалов течения на простейших моделях.

При движении поршня вдоль твердой поверхности трубы, на которой имеются пленки жидкости, происходит разделение зарядов в двойном

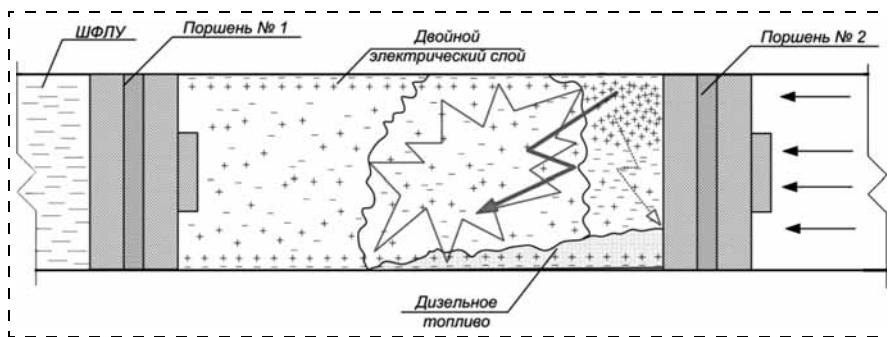


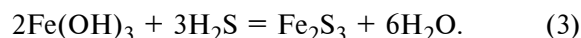
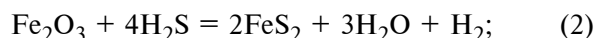
Рис. 4. Схема возникновения взрыва парогазовоздушной смеси в нефтепроводе

электрическом слое (ДЭС) и формирование объемного заряда значительной величины. Когда жидкость начинает двигаться вдоль поверхности твердого тела, часть поверхности остается неподвижной, а вся остальная структура ДЭС приходит в движение. Происходит разделение заряда внутри этой структуры и возникает разность потенциалов.

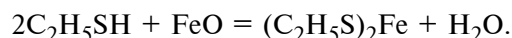
Наличие такого механизма является базисным в процессе электризации жидкости. Однако при переходе к реальным объектам, а именно к границе раздела металл — сложные углеводородные жидкости, возникают экспериментальные и теоретические проблемы оценки величины конкретных параметров в структуре двойного слоя.

#### Процесс образования пирофорных соединений

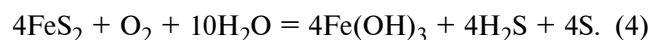
Одним из возможных процессов воспламенения смеси связан с формированием пирофорного железа на поверхности трубопровода. Пирофорное железо является продуктом сероводородной коррозии и образуется в том случае, если на поверхности металла имеются продукты коррозии и в нефтепродуктах, соприкасающихся с корродированной поверхностью металла, содержится сероводород или меркаптаны. При этом возможны следующие реакции:



В условиях взаимодействия этилмеркаптана с оксидами железа образуется меркаптид железа  $(\text{C}_2\text{H}_5\text{S})_2\text{Fe}$ , обладающий более высокой пирофорной активностью, чем сульфиды железа:

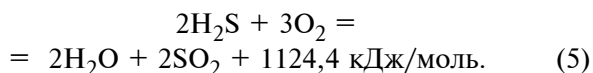


В дальнейшем образовавшиеся сульфиды взаимодействуют с кислородом воздуха

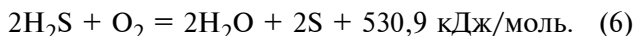


В результате окисления вновь получается сероводород и само пирофорное железо разрушается. Дальнейший контакт сероводорода с кислородом протекает по двум путям.

При избытке кислорода:



При недостатке кислорода:



Применительно к объектам ООО "Газпромпереработка" в Западной Сибири содержание сероводорода и меркаптановой серы в ШФЛУ составляет  $2 \cdot 10^{-4} \%$ . Такое же содержание сероводорода и меркаптановой серы в сбросном газе УПГ ОАО "Сургутнефтегаз". Кроме этого в ШФЛУ Сургутского ЗСК содержится значительное количество жидкого остатка, в котором может быть дополнительное количество сернистых соединений.

В предложенном анализе за основу взят сероводород как наиболее простая модель аналогичных процессов. Основные сернистые соединения нефти представляют собой производные тиофена (тиола) — гетероциклического соединения, молекула которого построена как бензольное кольцо, где две СН-группы заменены на атом серы.

В результате при взаимодействии с металлами образуются тиоляты (меркаптиды). Например,



Вообще тиофены химически малоактивны и термостойки. Меркаптаны сравнительно легко окисляются. Все серосодержащие соединения нефти, кроме низших меркаптанов, химически нейтральны и очень близки по свойствам к аренам нефти [10]. Необходимо отметить, что в различных видах нефти выделено более 50 индивидуальных соединений этого класса, включая первичные, вторичные и моноциклические меркаптаны с числом углеродных атомов от 1 до 8. Из них более 40 алкилтиолов, 6 циклоактилтиолов и тиофенол.

Такой спектр соединений меркаптанов не играет существенной роли в анализируемом процессе формирования пирофорных соединений. Наибольший интерес представляет сероводород. Тем не менее полученные соединения легко взаимодействуют с кислородом, и вновь полученный сероводород переходит в  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{SO}_3$  или  $\text{S}$  (см. реакции (1)–(6)). Образованные пирофоры метастабильны, т. е. имеют относительно короткое время существования.

Следовательно, можно сделать вывод, что при выполнении профилактических, ремонтных и аварийных работ, связанных с разгерметизацией оборудования и нефтепровода, вероятность образования пирофорных соединений не исключается. Однако возможность воспламенения паровоздушной смеси в трубопроводе за счет самовозгорания пирофорных соединений маловероятна в силу их метастабильности [11].

Пирофорные соединения могут сохраняться, если они прикрыты от контакта с кислородом, например, слоем (пленкой) углеводородной жидкости. При удалении пленки за счет движения поршня или испарения пирофоры обнажаются и могут послужить фактором возгорания.

Подтверждением вероятности такого процесса может служить тот факт, что после запасовки спаренной секции поршней для очистки участка трубопровода ШФЛУ "Сургут — Южный Балык" через 1 час 15 мин вытеснения азотом и обратной закачки продукта в трубопровод произошел локальный разогрев трубопровода с оплавлением изоляции в 3 м перед тройником TDW. Разогрев прекратился после временной остановки вытеснения продукта. Ситуация повторилась через 1 ч, но уже в 4 м за тройником TDW, и после этого поршень застрял в 60 м от места запасовки. Этот эффект может быть связан с локализацией пирофорных соединений в дефектах трубопровода и его блокировкой и слоем углеводородной жидкости.

При анализе возможностей протекания рассмотренных реакций следует учитывать, что данная схема работает в условиях воздушной среды. Влияние углеводородной среды никаким образом не учитывается. Более того, важно понимать, в каком состоянии находится сероводород в сложной углеводородной среде. Наиболее вероятное состояние сероводорода (из-за разности полярностей) — это состояние микроэмульсии. Дисперсионной средой является углеводородная система, а дисперсной фазой — сероводород. Это обстоятельство приведет к значительному снижению скорости протекания предполагаемых реакций. Необходимо время для подхода дисперсного объема  $\text{H}_2\text{S}$  к поверхности трубы. После чего должен произойти разрыв контактной пленки, и только с этого момента может пойти реакция. Учитывая метастабильность пирофорных соединений, можно утверждать, что опасные соединения накапливаются крайне медленно. Их негативное проявление возможно при освобождении трубы на начальном этапе.

Опыт проведения ремонтных работ на объектах Сургутского ЗСК, связанных с вскрытием и чисткой емкостного и колонного оборудования, позволяет предположить присутствие пирофорных соединений в продуктах очистки. Другим предположением наличия пирофорных соединений в сходных условиях является мнение ГУП "Институт проблем транспорта энергоресурсов" о причинах аварии со смертельным исходом, происшедшей в 2005 г. на 248 км при опорожнении участка магистрального нефтепровода "Калтасы-Языково-Салават" с применением сжатого воздуха. По мнению ГУП "Институт проблем транспорта энергоресурсов", причиной аварии является неполная очистка от нефти из-за наличия подкладных колец, образование паровоз-



душной смеси опасной концентрации, самовозгорание пиррофорных соединений, образованных от взаимодействия сернистых нефтей, взрыв внутри трубы. Характер разрушения трубопровода (рис. 5 — см. 3-ю стр. обложки) аналогичен разрушению на трубопроводе ШФЛУ "Сургут — Южный Балык". Однако реальной доказательной базы наличия пиррофорных соединений нет.

#### Условие воспламенения смеси в связи с увеличением давления

Необходимо также учитывать последствия сжатия паровоздушной смеси при движении второго поршня. Сжатие сложной газовой фазы имеет две составляющие. Первая — это классическое адиабатическое сжатие, приводящее к ее разогреву. Оценку вероятной температуры сжатой газовой смеси можно сделать, используя следующую зависимость:

$$T_2 = T_1(P_2/P_1)^{(1-\gamma)/\gamma}, \gamma = C_p/C_v,$$

где  $T_1$ ,  $T_2$  — начальная и конечная температура системы, К;  $P_1$ ,  $P_2$  — начальное и конечное давление в системе, Па;  $C_p$ ,  $C_v$  — удельные теплоемкости при постоянном давлении и объеме, Дж/кг, соответственно.

Расчеты по указанной формуле показывают, что уже при сжатии воздуха до 1 МПа (10 кг/см<sup>2</sup>) при исходной температуре 20 °С температура сжатого воздуха достигает 300 °С, при которой возможно воспламенение взрывоопасной концентрации паров углеводородов (рабочее давление в момент аварии составляло 1,67 МПа).

Следующее обстоятельство, которое предшествует адиабатическому разогреву, — это процессы конденсации в газовой фазе паров углеводородных компонентов в замкнутом объеме, протекающие с выделением энергии. Это значит, что в системе происходит дополнительный нагрев, кроме адиабатного, усиливая негативные факторы, способствующие повышению вероятности нагрева паровоздушной смеси до температуры самовоспламенения.

Эта классическая модель дополняется тем, что конденсация является процессом перехода из молекулярного состояния в макроскопическое. Промежуточное состояние данного процесса — это наносостояние, которое практически не изучено для объектов подобного типа. В некоторый момент времени в газовой фазе возникает наноаэрозоль. Наноаэрозоли также изучены весьма слабо, тем более наноаэрозоли углеводородного типа. Основываясь на современном понимании наносостояния, можно с высокой степенью вероятности утверждать, что аэрозольная наночастица обладает более высокой химической активностью по сравнению с макросостоянием исходной системы. В результате вероятно появление химических соединений, которые, во-первых, не возникают в макросистемах, во-вторых, могут быть весьма аг-

рессивными и повышать риск возникновения воспламенения.

Таким образом, применительно к имевшей место аварии на продуктопроводе ШФЛУ "Сургут — Южный Балык" одной из возможных причин, хотя и маловероятной, разрушения трубопровода является самовоспламенение паров смеси дизельного топлива и ШФЛУ вследствие адиабатического разогрева при сжатии паровоздушной смеси вторым поршнем.

#### Выводы

Наиболее вероятными причинами аварий (взрыва парогазовой смеси) на нефтетрубопроводе являются:

1) создание взрывоопасной концентрации паров углеводородов в межпоршневом пространстве трубопровода за счет:

- испарения остатков ШФЛУ в трубопроводе и закачки в него дизельного топлива;
- попадания воздуха с достаточным количеством кислорода во время запасовки поршня;
- 2) наличие источника воспламенения за счет:
- разряда статического электричества объемного заряда, образовавшегося при движении поршня (потенциала течения);
- повышения температуры при адиабатном сжатии;
- возможного самовоспламенения пиррофорных соединений в дефектах трубопровода, первично заблокированных углеводородной жидкостью.

*Результаты работы получены при поддержке Минобрнауки России в рамках Госзадания на проведение НИОКР, шифры, заявки № 5.1354.2011.*

#### Список литературы

1. **Закреим А. Ю.** Общая химическая технология введения в моделирование химико-технологических процессов: учеб. пособие. — М.: Университетская книга: Логос, 2010. — 304 с. — (новая университетская библиотека).
2. **Хентов В. Я., Власов Ю. В., Гасанов В. М.** и др. Анализ размерностей и его приложения. — Учеб. пособие. — Новочеркасск: НОК, 2010. — 112 с.
3. **Бызов А. П., Ефремов С. В.** Моделирование полей потенциального риска для линейных объектов // Безопасность в техносфере. — 2011. — № 6. — С. 7—10.
4. **Травень В. Ф.** Электронная структура и свойства органических молекул. — М.: Химия, 1989. — 384 с.
5. **Российская энциклопедия** по охране труда: В 3 т. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Изд-во НЦЭНАС, 2007. — Т. 3.
6. **Сайт** [http:// sea-library.ru/borba-spozharom/230-teorija-gorenija.html](http://sea-library.ru/borba-spozharom/230-teorija-gorenija.html)
7. **РД 39-22-11—78.** Временные правила защиты проявления статического электричества на производственных установках в сооружениях нефтяной и газовой промышленности.
8. **Миомандр Ф.** и др. Электрохимия. — Москва: Техносфера, 2008. — 359 с.
9. **Шукин Е. Д.** и др. Коллоидная химия: учеб. для университетов и химико-технологических вузов / Е. Д. Шукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина. — 4-е изд. испр. — М.: Высш. шк., 2006. — 444 с.: (серия "Классический университетский учебник").
10. **Сайт** [http:// e-him.ru/?page=dynamicsection=31&article=454](http://e-him.ru/?page=dynamicsection=31&article=454).
11. **Сайт** [http:// e-him.ru/?page=dynamicsection=31&article=454](http://e-him.ru/?page=dynamicsection=31&article=454).



УДК 504.2:614.84(09)

**С. С. Тимофеева**, д-р техн. наук, проф., **В. В. Гармышев**, канд. техн. наук, докторант, Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет, **В. С. Зырянов**, канд. техн. наук, ст. препод., Восточно-сибирский институт МВД России, г. Иркутск  
E-mail: timofeeva@istu.edu

## Оценка экологической нагрузки на атмосферу при лесных пожарах в Иркутской области

*Рассмотрена проблема загрязнения атмосферы при лесных пожарах. Представлена методология и дана оценка загрязнения воздушного бассейна при лесных пожарах*

**Ключевые слова:** лесные ресурсы, динамика горимости лесов, токсичные продукты горения, загрязнение атмосферы при пожарах

**Timofeeva S. S., Garmyshev, V. V., Ziranov V. S. Estimation of an Ecological Load of Atmosphere at Forest Fires in the Irkutsk Region**

*The problem of pollution of atmosphere is discussed at forest fires. The methodology is presented and the estimation of pollution of air pool is given at forest fires.*

**Keywords:** wood resources, dynamics fire woods, toxic products of burning, atmosphere pollution at fires

### Введение

Регулярно возникающие в различных регионах земного шара лесные пожары привлекают к себе внимание как природные бедствия, приносящие серьезный экономический и экологический ущерб. Проблема стала еще более острой по мере возрастания масштабов сжигания биомассы. Природные пожары, особенно лесные и торфяные, стали в последнее время для России настоящим бедствием. Сгорают гигантские площади лесных массивов, уничтожаются уникальные экосистемы. Пожары, как один из наиболее мощных факторов воздействия на леса, часто приводят к полной гибели насаждений или их частичным повреждениям, в зависимости от вида, интенсивности и продолжительности воздействия огня, а также породного состава, возрастной структуры и других характеристик древостоев. С пожарами в атмосферу выбрасывается огромное количество дыма, содержащего такие опасные загрязнители, как углекислый газ, угарный газ и оксиды азота. В отдельные годы этих

выбросов столько же, сколько от сжигания всей перерабатываемой в России нефти. От задымления страдают жители городов и поселков. Особенно опасно задымление воздуха для детей первого года жизни и новорожденных. У них под воздействием дыма увеличивается частота врожденных пороков сердца и заболеваний органов дыхания.

Лесные пожары являются не только бедствием для населения, но и важным фактором локальной, региональной и даже глобальной экодинамики, что проявляется, например, в обусловленных пожарами выбросах в атмосферу парниковых газов и аэрозоля. Согласно имеющимся оценкам, около 30 % тропосферного озона, оксида углерода и углекислого газа, содержащихся в атмосфере, обусловлено вкладом лесных пожаров. Связанные с лесными пожарами выбросы аэрозоля в атмосферу могут оказывать существенное влияние на микрофизические и оптические характеристики облачного покрова (и, следовательно, на климат).

Расчетами установлено, что глобальные выбросы газовых компонентов при сжигании биомассы достигают 3800...4300 ГтС/год, из них вклад лесных пожаров в бореальных лесах составляет 23 ГтС/год, или 0,6 %. Выбросы оксида углерода, образующегося в результате лесных пожаров в области широт больше 30° с.ш. составили 50 ГтС/год (~6 % от глобальных выбросов) и 121 ГтС/год. Выбросы метана достигали 0,9 Гт С/год, что составило ~3 % по отношению к глобальным выбросам метана в результате сжигания биомассы. Вследствие лесных пожаров эмиссия диоксида углерода в Канаде в период с 1959 по 1999 г. составляла ежегодно 0,027 Гт, в некоторые годы превышала 0,1 Гт. В Сибири с 1998 по 2002 г. она достигала в среднем 0,2 Гт в год [4].

Ежегодно на Земле возникает около 800 тыс. лесных пожаров, которые охватывают 2...5 % лесной поверхности и оказывают воздействие на биосферные процессы на локальном и глобальном уровнях. Российские бореальные леса оцениваются в 700 млн га, причем их большая часть — это почти сплошные хвойные леса Сибири. Спонтан-



ные лесные пожары в наибольшей степени воздействуют на леса и лесные экосистемы. Спутниковые наблюдения показали, что пожары ежегодно происходят на площади 10...14 млн га в лесной и лесостепной зонах Сибири (это является третьим по масштабам природным пожарным явлением после "диких" пожаров в африканских саваннах и в (суб)тропических лесах [5]). По результатам измерений состава воздуха с орбитальных космических станций установлено, что около 40 % ежегодного поступления диоксида углерода в атмосферу связано с горением растительности, при этом до 20 % загрязнений атмосферы дают лесные и степные пожары [8,10].

Дым и токсичные продукты горения, выделяемые при пожарах в лесных массивах, относятся к наиболее опасным факторам, так как приводят к отравлению и гибели людей и загрязнению природной среды. По оценкам ученых, только с одного гектара горящего леса в атмосферу выбрасывается от 80 до 100 т дымовых частиц и 10...12 т смеси таких газов, как оксид углерода, диоксид углерода, оксиды серы и азота, ацетальдегид, ацетон, акролеин, причем дым лесных пожаров состоит из капель смолы, водяных паров, газообразных веществ и сажи [8, 11].

Ежегодно от лесных пожаров страдает флора и фауна на весьма значительных территориях. Выгорают десятки тысяч гектаров лесных массивов и угодий. Нередко пожары возникают и развиваются вблизи населенных пунктов и городов. Кроме материально-экологического ущерба одним из самых отрицательных факторов лесных пожаров является устойчивое длительное задымление атмосферы, охватывающее большие площади и объемы. Нередко населенные пункты, возле которых происходит лесной пожар, на многие сутки оказываются погруженными в дым [10].

Опасность загрязнения окружающей среды при лесных пожарах до 80-х годов XX века оценивалась и рассматривалась только лишь как процесс горения. Но в последнее время лесные пожары рассматриваются со стороны не только экономического, социального, но и экологического ущерба. Используемые в настоящее время методики оценки загрязнения воздуха разработаны для стационарных источников выбросов, где имеется возможность рассчитать валовые выбросы токсинов, когда известны составы выбрасываемых веществ и удельные выбросы от того или иного технологического процесса или операции [12].

Пожар является внезапным чрезвычайным происшествием, и оценить количество экотоксикантов, выделяющихся в атмосферу, можно исходя из количественных и качественных показателей

пожарной нагрузки, условий горения и коэффициента недожога [6, 15]

Экологическая нагрузка от лесных пожаров, являющихся источниками загрязнения атмосферы залповыми выбросами, ранее не просчитывалась, хотя сегодня пожары в Иркутской области являются одними из наиболее часто реализуемых чрезвычайных ситуаций. В представленной работе предложена методология и дана оценка загрязнения атмосферы при лесных пожарах в Иркутской области.

### Характеристика объекта

Иркутская область занимает территорию площадью 767,97 тыс. км<sup>2</sup>, что составляет 4,6 % от всей российской территории. С севера на юг область протянулась почти на 1450 км, с запада на восток — на 1318 км. Область расположена на юге Восточной Сибири, почти в центре Азиатского материка, на основных транспортных магистралях, соединяющих Европу с дальневосточными районами России и странами Азиатско-Тихоокеанского региона.

Климат резко-континентальный с суровой, продолжительной зимой и теплым летом [8, 9]. По административно-территориальному делению Иркутская область подразделяется на 33 административных района, 22 города (в том числе 14 городов областного подчинения), 55 поселков городского типа, 365 сельских администраций. Общая численность населения на 1.01.2005 — 2712,9 тыс. человек. Основная часть территории области (около 78 %) занята таежными лесами [7].

Иркутская область располагает огромными лесными богатствами. Достаточно сказать, что площадь лесов, приходящихся на одного жителя области, в 4 раза больше, чем в целом по России, и в 35 раз больше, чем приходится на каждого землянина. Показатель лесистости области (отношение покрытых лесом земель к общей площади с учетом поверхности водных объектов суши) соответствует 78 %, что в 1,7 раза выше, чем в среднем по стране, и в 2,9 раза выше, чем в целом по планете. В области сосредоточено 11,1 % общероссийского запаса спелых лесов, а по хвойным породам доля области еще выше — 13,4 % [7, 10].

Лесные ресурсы Иркутской области разнообразны. На ее территории естественно произрастают около 35 видов деревьев и 80 видов кустарников. Но широко распространенными основными лесообразователями служат такие древесные породы, как сосна, лиственница, кедр, ель, пихта, береза, осина [10].

По породному составу 76 % покрытой лесом земли представлены хвойными породами (лиственница — 30 %, сосна — 25 %, кедр — 12 %, ель — 6 %, пихта — 3 %), 18 % — мягколиственными (бе-

Таблица 1

**Распределение земель Иркутской области по преобладающим породам**

Преобладающие древесные и кустарниковые породы	Площадь, тыс. га		Запас, млн м <sup>3</sup>	
	Всего лесов	В том числе спелых	Всего лесов	В том числе спелых
<b>Хвойные</b>				
Сосна	15 784,7	6749,2	3044,17	2881,39
Ель	3205,8	1876,5	457,83	329,14
Пихта	1722,8	925,3	317,78	215,56
Лиственница	18 403,2	10 394,8	3607,82	3926,5
Кедр	7470,4	1312,2	1629,27	379,51
Итого хвойных	46 586,9	21 258,0	9056,87	7732,1
<b>Мягколиственные</b>				
Береза	7568,8	2280,9	667,2	358,4
Осина	2658,6	1035,5	331,52	249,64
Тополь	2,3	2,1	0,46	0,45
Ивы древовидные	17,4	1,2	0,79	0,21
Итого мягколиственных	10 247,1	3319,7	999,99	608,7
Прочие древесные породы	0,8	0,7	0,12	0,11
<b>Кустарники</b>				
Березы кустарниковые	1414,1	413,6	11,51	4,5
Ивы кустарниковые	94,6	59,0	0,95	0,65
Кедровый стланник	2150,1	699,4	94,4	26,07
Прочие кустарники	2,2	0	0,02	0
Итого кустарников	3661,0	1 172,0	106,88	31,22
Всего	60 495,8	25 750,4	10 163,8	8372,13

реза — 14 %, осина — 4 %) и 6 % — кустарниковыми. Если же учитывать только древостои, то на долю хвойных пород приходится 81 % их площади, на долю мягколиственных — 19 % [10]. В табл. 1 приведено распределение земель Иркутской области по преобладающим породам [8].

Анализ данных табл. 1 позволяет сделать вывод, что лесные ресурсы Иркутской области, представленные в основном хвойными породами, играют важную роль в экономике региона, являясь при этом необходимым компонентом сохранения экологически чистой среды. Вместе с тем хвойный состав пород леса, высокая степень лесистости и резко континентальный климат с сухой весной и жарким летом создают в регионе условия для высокой природной пожарной опасности.

Лесные пожары часто носят экстремальный и разрушительный характер. Потери древесины в Иркутской области ежегодно в среднем составляют около 2 млн м<sup>3</sup> [10].

### Динамика горимости лесов

Леса Иркутской области характеризуются высокой горимостью. Со временем пожарная опасность в лесах возрастает. Это вызвано увеличением площади молодняков, лесных культур, вырубок и других лесных участков. Особенностью лесного фонда является преобладание пожароопасных хвойных насаждений (более 90 %) от всей площади,

покрытой лесом. Продолжительность пожароопасного периода максимально может составлять около 170 дней. На территории области есть районы, в которых традиционно высокая горимость лесов, к ним относятся: Братский, Иркутский, Качугский, Куйтунский, Тайшетский, Тулунский, Ольхонский, Усть-Илимский и Усольский. В указанных районах не исключается возможность возникновения угрозы населенным пунктам как непосредственно пожаром, так и высокой задымленностью.

Лесопожароопасный период на территории области начинается во второй половине апреля — начале мая. Первые пожары, как правило, возникают в южных территориях и приурочены к границе области или переходят из сопредельных территорий. Весной пожары приобретают массовый характер и регистрируются в южных, а в июне — в северных территориях области. Высокая опасность лесных пожаров по области сохраняется до конца сентября.

Основной причиной лесных пожаров на больших площадях могут послужить природно-климатические условия (высокая степень пожарной опасности погодных условий в районах с высокой горимостью лесов и частым посещением этих мест населением), а также несвоевременное обнаружение и тушение возникающих очагов пожаров. Динамика развития лесных пожаров представлена в табл. 2 [2, 3, 8, 10].

Динамика горимости лесов, представленная в табл. 2, показывает, что около 60 % случаев средняя площадь пожара превышала значение 25 га, являющееся критерием для определения чрезвычайной ситуации муниципального уровня [3]. Исследования лесных пожаров в области позволили выявить населенные пункты, ежегодно попадающие в зону высокой пожарной опасности (табл. 3).

Таким образом, ежегодно лесные пожары имеют угрозу распространения на 161 населенный пункт, где проживают 99 110 человек и насчитывается более 25 097 жилых объектов.

### Методика расчета и оценка выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров

Для оценки массы загрязнителей, попавших в атмосферу при горении древесины и лесных материалов, необходимо решить систему интегрально-дифференциальных уравнений [8, 12]:

$$\frac{dQ}{dt} = \int_L q K_w m_3 ds,$$

$$\frac{dM_\alpha}{dt} = \int_L K_\alpha K_w m_3 ds,$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + w_{\text{пл}} |\text{grad} \varphi| = 0$$



Таблица 2

## Динамика горимости лесов в Иркутской области с 1939 по 2011 г.

Год	Количество пожаров, ед.	Лесная площадь, пройденная огнем, тыс.га	Средняя площадь одного пожара, га	Год	Количество пожаров, ед.	Лесная площадь, пройденная огнем, тыс. га	Средняя площадь одного пожара, га
1939	868	63,1	72,7	1977	1221	4,3	3,5
1940	1045	11,4	106,6	1978	1717	14,4	8,4
1941	601	82,5	137,2	1979	2560	45,0	17,6
1942	815	201,6	247,4	1980	1646	7,7	4,7
1943	715	266,8	373,1	1981	1445	20,6	14,2
1947	3000	78,4	26,1	1982	682	5,4	7,9
1948	615	22,2	36,1	1983	882	4,6	5,2
1949	670	31,3	46,8	1984	2024	114,1	56,4
1950	1121	247,0	220,3	1985	1498	208,2	139,0
1951	638	65,8	103,1	1986	1565	374,4	239,3
1952	356	18,4	51,7	1987	924	32,2	34,8
1953	782	158,3	202,5	1988	329	44,2	134,4
1954	1000	375,1	375,1	1989	1256	25,7	20,5
1955	596	57,0	95,6	1990	3522	454,0	128,9
1956	783	33,9	43,3	1991	1420	80,1	128,9
1957	1313	247,9	188,3	1992	1134	42,3	37,3
1958	2177	350,9	159,6	1993	2721	307,2	112,9
1959	1221	205,5	168,3	1994	2449	172,7	70,5
1960	1230	97,8	79,5	1995	1874	16,2	8,7
1961	1167	60,8	52,1	1996	2818	365,3	129,6
1962	1608	590,9	367,4	1997	1975	63,5	32,1
1963	1605	78,1	48,6	1998	1011	25,5	25,2
1964	2533	111,7	44,1	1999	1595	43,6	27,3
1965	2533	111,7	44,1	2000	1083	21,3	19,7
1966	1154	12,4	10,7	2001	1151	23,3	20,2
1967	1141	5,6	4,9	2002	1708	45,1	26,4
1968	1790	28,0	15,5	2003	3186	181,4	56,9
1969	2122	42,4	20,0	2004	498	6,9	13,8
1970	1339	130,2	97,2	2005	1071	30,9	28,9
1971	1512	208,1	137,7	2006	1460	119	81,5
1972	1303	27,3	20,9	2007	1554	46,7	30,1
1973	1078	4,0	3,7	2008	1893	43,8	23,1
1974	1461	8,3	5,7	2009	665	8,1	10,8
1975	998	3,3	3,3	2010	830	42,4	51,1
1976	1505	11,4	7,6	2011	1629	136,3	83,67

с соответствующими начальными условиями:

$$M_{\alpha}(0) = M_{\alpha 0}, Q(0) = Q_0, \varphi_{t=0} = \varphi_0(x, y),$$

Таблица 3

## Административные территории, попадающие в зону высокой пожарной опасности

Район	Количество		
	населенных пунктов, ед.	жилых домов, ед.	населения, чел.
Слюдянский	2	235	689
Усольский	16	1954	5482
Братский	8	1304	3282
Усть-Кутский	3	1560	3994
Черемховский	49	3908	11104
Зиминский	9	1421	4731
Киренский	8	746	1966
Балаганский	1	383	1200
Жигаловский	5	1905	5878
Шелеховский	5	4445	8619
Тулунский	6	1810	5008
Тайшетский	16	1987	5901
Куйтунский	25	3485	10258
Иркутский	3	323	830
Катангский	5	219	769

где  $Q$  — теплота, выделившаяся при пожаре, Дж;  $q$  — тепловой эффект горения лесных горючих материалов (ЛГМ), Дж/кг;  $s$  — площадь лесной территории, пройденная огнем,  $m^2$ ;  $m_3$  — запас лесных горючих материалов, кг/ $m^2$ ;  $K$  — коэффициент полноты сгорания;  $w_{\text{п}}$  — скорость горения, м/с;  $K_{\alpha}$  — коэффициент эмиссии  $\alpha$ -токсиканта, кг/кг;  $t$  — время горения, с;  $M_{\alpha}$  — итоговый выброс  $\alpha$ -токсиканта, кг.

Следует отметить, что решение данной системы уравнений представляет значительные математические трудности, и для практических расчетов авторами статьи предлагается упрощенная методика оценки экологической нагрузки на атмосферу от основных загрязнителей, адаптированная к горению различных материалов при лесных и степных пожарах.

Принимая во внимание, что статистическая количественная информация о пожарах обычно представляется как количество сгоревших материалов в тоннах, нами предлагается оценку выброса загрязнителей в атмосферу проводить как сумму

Удельные показатели выделения токсикантов при горении ЛГМ [13, 15]

Вещество	Уровень выделения, т/т	Вещество	Уровень выделения, т/т
Оксид углерода	$1,35 \cdot 10^{-1}$	Синильная кислота	$1,00 \cdot 10^{-6}$
Диоксид углерода	$1,35 \cdot 10^{-1}$	Дым (ультрадисперсные частицы)	$5,50 \cdot 10^{-2}$
Диоксид азота	$4,05 \cdot 10^{-4}$	Формальдегид	$1,00 \cdot 10^{-6}$
Диоксид серы	$1,00 \cdot 10^{-6}$	Уксусная кислота	$1,00 \cdot 10^{-6}$
Сероводород	$1,00 \cdot 10^{-6}$	Пятиокись ванадия	$1,00 \cdot 10^{-12}$
Сажа	$1,10 \cdot 10^{-2}$	Бенз(а)пирен	$1,00 \cdot 10^{-12}$

Удельные показатели выделения токсикантов при сгорании древесины, т/м<sup>3</sup> [8]

Оксид углерода	Диоксид углерода	Акролеин	Ацетон	Ацетальдегид	Сажа
$260 \cdot 10^{-9}$	$260 \cdot 10^{-9}$	$19,5 \cdot 10^{-9}$	$52 \cdot 10^{-9}$	$429 \cdot 10^{-9}$	$1,72 \cdot 10^{-9}$

токсикантов, выделившихся при сгорании ЛГМ и древесины:

$$M_i = M_i^{\text{ЛГМ}} + M_i^{\text{Д}},$$

где  $M_i^{\text{ЛГМ}}$ ,  $M_i^{\text{Д}}$  — масса  $i$ -го токсиканта, поступающего в атмосферу при сгорании ЛГМ и древесины соответственно, т.

В свою очередь:

$$M_i^{\text{ЛГМ}} = Y_i^{\text{ЛГМ}} a^{\text{ЛГМ}} K_{\text{Н}},$$

$$M_i^{\text{Д}} = Y_i^{\text{Д}} V_i^{\text{Д}} a^{\text{Д}} K_{\text{Н}},$$

где  $Y_i^{\text{ЛГМ}}$  — концентрация  $i$ -го токсиканта при сгорании ЛГМ, т/т (табл. 4);  $Y_i^{\text{Д}}$  — концентрация  $i$ -го токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, т/м<sup>3</sup> (табл. 5);  $V_i^{\text{Д}}$  — объем продуктов горения, выделяющийся при сгорании древесины, — 4500 м<sup>3</sup>/т [1, 15];  $K_{\text{Н}}$  — коэффициент недожога;  $a^{\text{ЛГМ}}$ ,  $a^{\text{Д}}$  — масса сгоревшей пожарной нагрузки ЛГМ и древесины соответственно, т.

К ЛГМ, сгорающим на пожарах, относятся: хвоя пихты, лиственницы, ели, сосны, кедра, листва осины, березы, тополя, ивы, кустарниковых пород, трухлявые пни, шишки, сухая трава, материал напочвенного покрова, кустарники различного вида, мох, лишайники, полуразложившаяся древесина, ветки лиственных и хвойных пород. К древесине, сгорающей на пожарах, относятся: кедр, сосна, лиственница, пихта, ель, тополь, береза, осина, ива, кедровый стланик, рябина, черемуха, боярышник, яблоня сибирская.

Следует отметить, что здесь внимание сосредоточено на приоритетных продуктах горения, а не на всех 220 токсичных веществах, идентифицированных при сжигании древесины, так как именно они определяют экологическую нагрузку на территорию и являются причиной отравления населения.

В результате осмотра места пожаров в Иркутском, Черемховском, Тайшетском, Тулунском районах установлено, что при устойчивом низовом пожаре (на долю которых приходится 95 % всех лесных пожаров) сгорает 1/3 древесины, находящейся на площади, пройденной пожаром, и полностью напочвенный слой и лесная подстилка [8, 10].

Основываясь на собственных экспериментах и данных работ [1, 4, 5, 13], в расчетах был принят коэффициент недожога 0,7 для древесины и 0,9 для ЛГМ. Массу сгоревшей пожарной нагрузки рассчитывали по формулам:

$$a^{\text{ЛГМ}} = S m_{\text{ЛГМ}},$$

$$a^{\text{Д}} = S m_{\text{Д}},$$

где  $S$  — площадь, пройденная лесными или степными пожарами, м<sup>2</sup> (см. табл. 2);  $m_{\text{Д}}$ ,  $m_{\text{ЛГМ}}$  — масса древесины и ЛГМ, сосредоточенная на единице площади, т/га.

На основании проведенных исследований лесных территорий в Иркутском, Шелеховском, Слюдянском, Усольском, Братском, Ольхонском районах установлено, что усредненная масса ЛГМ составляет 2,5 т/га, а древесины 20 т/га [8, 10].

На основе анализа статистических данных лесных пожаров в Иркутской области в период с 1939 по 2011 г. рассчитаны усредненные показатели последствий пожаров (табл. 6) и экологическая нагрузка на атмосферу (табл. 7).

Усредненные величины последствий лесных пожаров в Иркутской области за 1939–2011 гг.

Количество пожаров, ед.	Площадь, пройденная пожарами, тыс. га	Масса сгоревшей древесины, тыс. т	Масса сгоревших ЛГМ, тыс. т
1381	100,3	601,80	250,75



Таблица 7

Усредненные показатели токсичных веществ, попавших в атмосферу при лесных пожарах в Иркутской области за 1939–2011 гг.

Токсичные вещества	Масса выброса, т/год	Токсичные вещества	Масса выброса, т/год
Оксид углерода	30 959,1	Акролеин	36,9
Диоксид углерода	30 959,1	Диоксид серы	$2,3 \cdot 10^{-1}$
Дым (ультрадисперсные частицы)	12 412,2	Сероводород	$2,3 \cdot 10^{-1}$
Сажа	2485,7	Синильная кислота	$2,3 \cdot 10^{-1}$
Ацетальдегид	813,2	Формальдегид	$2,3 \cdot 10^{-1}$
Ацетон	98,6	Уксусная кислота	$2,3 \cdot 10^{-1}$
Диоксид азота	91,2	Пятиокись ванадия	$2,3 \cdot 10^{-6}$
		Бенз(а)пирен	$2,3 \cdot 10^{-6}$

Установлено, что усредненная ежегодная дополнительная экологическая нагрузка на атмосферу Иркутской области по токсичным продуктам, возникающая при лесных пожарах, составляет по веществам [14]: чрезвычайно опасным —  $4,6 \cdot 10^{-6}$  т; высоко опасным — 37,8 т; умеренно опасным — 15 802,7 т; малоопасным — 62 016,4 т.

### Выводы

Таким образом, лесные пожары являются дополнительным источником экологической нагрузки на атмосферу Иркутской области. Установлено, что ежегодно в регионе лесные пожары приносят в атмосферу до 77,8 тыс. т загрязняющих веществ, которые ранее не учитывались при оценке загрязнения и не были учтены в стратегии оздоровления окружающей среды и защиты от необоснованного риска здоровью и жизни людей.

Это позволяет сделать вывод, что ежегодно десятки тысяч людей испытывают на себе воздействия устойчивого и длительного задымления атмосферы. В этой связи необходимо вырабатывать механизм оценки последствий лесных пожаров, чтобы избежать ухудшения качества окружающей среды и оценить скрытый в этом характер опасности пожаров для человека. Выполненные исследования и предложенная методика могут быть использованы для оценки экологического риска при лесных пожарах.

### Список литературы

1. Абдурагимов И. М., Исаева А. С., Крылов Л. К. Процессы горения. — М.: ВИПТШ МВД СССР, 1984. — 268 с.
2. Анализ обстановки с пожарами и последствиями от них на территории Российской Федерации за 2011 год. — М.: Департамент надзорной деятельности МЧС России, 2012. — 21 с.
3. Анализ оперативно-служебной деятельности ГПН Иркутской области за 2012 г. — Иркутск: ГУ МЧС России по Иркутской области, 2010. — 81 с.

4. Воробьев Ю. Л., Акимов В. А., Сокол Ю. И. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы. МЧС России. — М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. — 312 с.
5. Samsonov Yu. N., Koutsenogii K. P., Makarov V. I., Ivanov A. V., Ivanov V. I., McRae D. J., Conard S. G., Baker S. P., Ivanova G. A. Particulate emission from fires in central Siberian Scots pine forest // Canadian J. Forest Research. — 2005. — V. 35. — P. 2207–2217.
6. Брушлинский Н. Н., Исаева Л. К., Маринов С. И. Управление экологическим риском при пожарах // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. — 1992. — № 2. — С. 28–39.
7. Ващук Л. Н. Лесной фонд Иркутской области. — Иркутск: 1994. — 112 с.
8. Гармышев В. В., Зырянов В. С., Матюшин В. П. Экологические последствия лесных пожаров на территории Иркутской области: монография / ФГОУ ВПО ВСИ МВД России. — Иркутск: Издательство Иркут. гос. ун-та, 2009. — 145 с.
9. Зуляр Ю. А. Очерки истории природопользования в Байкальском регионе в XX веке. — Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2002. — 497 с.
10. Зырянов В. С. Оценка воздействия на атмосферу продуктов горения лесных материалов в зонах техногенного загрязнения (на примере Иркутской области): дис. ... канд. тех. наук. Братск, 2006. — 128 с.
11. Копылов Н. П., Рыжов А. М., Хасанов И. Р. Взаимодействие пожаров с атмосферой // В кн. Юбилейный сборник трудов Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны. — М.: ВНИИПО МВД России, 1997. — С. 137–157.
12. Методика расчета концентрации в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий: общесоюзный нормативный документ (ОНД-86) — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — 93 с.
13. Методика определения и расчета выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров. — М.: ГК РФ, 1997. — 26 с.
14. Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. Издание 4, переработанное и дополненное. Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха. Фирма "Интеграл". Санкт-Петербург, 1998. — 184 с.
15. Тимофеева С. С., Гармышев В. В., Малыхин А. В., Хисматулин С. Р. Социальные, экономические и экологические последствия пожаров в муниципальных центрах Сибирского федерального округа анализ, оценка, прогноз: монография / ФГОУ ВПО ВСИ МВД России. — Иркутск: Изд-во "Аспринт". — 2010. — 169 с.

**А. Кенжегалиев**, д-р техн. наук., проф., зав. кафедрой, **Б. Б. Оразбаев**, д-р. техн. наук., проф., **С. Ж. Жумагалиев**, канд. хим. наук, доц., **Д. А. Кенжегалиева**, магистр, Атырауский институт нефти и газа, Казахстан  
E-mail: Akimgali\_K@mail.ru

## Исследования экологического состояния гидробиологических сообществ Казахстанского сектора Каспийского моря в период подготовки нефтегазовых месторождений к разработке

*Рассмотрено экологическое состояние гидробионтов Каспийского моря, в частности фитопланктона, зоопланктона, макрозообентоса, в местах расположения основных нефтяных месторождений, а также нефтевыявленных структур.*

**Ключевые слова:** диатомовые, зеленые, сине-зеленые, пиррофитовые, веслоногие, ветвистоусые, коловратки, эвригалинные и морские организмы

**Kenzhegaliyev A., Orazbaev B. B., Zhumagaliev S. Z., Kenzhegaliyeva D. A. Researches of an Ecological Condition of Hydrobiological Communities of the Kazakhstan Sector of the Caspian Sea in Preparation of Oil and Gas Fields for Development**

*The ecological condition of hydrobionts of the Caspian Sea, in particular a phytoplankton, a zooplankton, a macrozoobenthos in the locations of the main oil fields, and also the petrorevealed structures is considered.*

**Keywords:** diatoms, green, blue-green, pyrophyta, copepods, cladocerans, rotifers, euryhaline and marine organisms

### Введение

Как известно, вмешательство человеческой деятельности в природную среду может привести к исчезновению самой природы либо ее части или обитателей. Так было в мексиканском заливе при аварии нефтяной скважины.

В настоящее время в мелководной части Каспийского моря, особенно в Казахстанском секторе, идет интенсивная работа по освоению месторождений Кашаган, Кайран, Актоты с искусственных островов, и до появления первой коммерческой нефти на поверхность земли с глубины около 5 км осталось совсем немного времени. В связи с этим усилилось внимание общественности и научных организаций, интересы которых связаны с экологией Каспийского моря, к вопросам экологии в Республике Казахстан.

Об этом свидетельствует то, что за короткий промежуток времени в нашем институте изданы три мо-

нографии, посвященные состоянию загрязнения морской среды, а также их гидробионтам [1—3].

В настоящей статье рассматривается экологическое состояние гидробиологических сообществ Казахстанского сектора Каспийского моря.

### Методы исследования

Пробы воды для определения численности и биомассы фитопланктона отбирались опрокидывающимся батометром объемом 1 л с поверхностного слоя воды и дна. Пробы фиксировались 4 %-ным раствором формалина. Учет фитопланктона проводили в счетной камере Горяева. Индекс сапробности определялся по методу Пантле и Букка.

Пробы зоопланктона отбирались при помощи сети Апштейна и консервировались 4 %-ным раствором формалина.

Подсчет зоопланктеров проводился под биноклем в специальной камере Богорова, и индекс сапробности рассчитывался по методу Пантле и Букка.

Пробы зообентоса отбирались дночерпателем Петерсена с площадью захвата 0,025 м<sup>2</sup>. Концентрация организмов достигалась методом отмучивания с использованием газ-сита № 23 и последующей фиксации проб 4 %-ным формалином. В лабораторных условиях пробы обрабатывались по общепринятым методикам: определялись видовой состав, численность (экземпляр на 1 м<sup>2</sup>) и биомасса (граммов на 1 м<sup>2</sup>) организмов зообентоса, численность и биомасса основных групп и видов.

### Состояние фитопланктона

При проведении экологического мониторинга на шельфе Каспийского моря гидробиологическими наблюдениями по фитопланктону было охвачено девять станций: А1, А3, Каламкас, ЖМ, Кашаган, Курмангазы, Нурсултан, Дархан, Тюб-Караган [4]. Согласно программе "Государственного экологического мониторинга на шельфе и прибрежной зоне Каспийского моря" был произведен отбор 47 проб. Отбор проб проводился в летний период.

В пробах, отобранных по сезонам, по каждой станции определяется видовой состав, численность,



биомасса, выделяются виды — индикаторы той или иной зоны загрязнения органическим веществом, вычисляется индекс сапробности и по совокупности данных дается оценка качества вод в классах.

Результаты исследований показывают, что наименьшим видовым разнообразием и меньшей частотой встречаемости видов наблюдаются на станциях Тюб-Караган.

Если общее количество видов фитопланктона на исследуемых станциях в летний период составляло 107 видов, из них на долю диатомовых приходится 39,2 %, зеленых и сине-зеленых — 43,9 %, пиропитовых — 9,3 %, то в осенний период количество видов по станциям возросло до 146, и виды распределились в следующих соотношениях: на долю диатомовых приходилось 52,8 %, зеленых и сине-зеленых — 41,0 %, пиропитовых — 5,2 %. В осенний период относительно летнего периода число видов увеличилось на станциях Каламкас, Курмангазы.

Клетки сине-зеленых водорослей, в отличие от других водорослей, не имеют хроматофоров и оформленного ядра. Отличить сине-зеленые водоросли можно по своеобразной окраске — от синеватой до фиолетовой и черной. Такая окраска происходит от сочетания зеленого цвета обычного для растений хлорофилла с синим цветом красящего вещества фикоциана, имеющегося в данных водорослях. Внешне водоросли напоминают бактерии и могут жить как отдельными клетками, так и нитчатыми колониями.

Изучив результаты анализа проб, отобранных с девяти станций с 28 точек, на видовой состав, численность и биомассу фитопланктона можно заключить следующее: суммарная численность фитопланктона в среднем варьировала от 14,42 до 277,3 млн кл/м<sup>3</sup>. Биомасса, рассчитанная по всем видам фитопланктона, варьировала от 198,43 до 768,1 мг/м<sup>3</sup>. Независимо от акватории отбора проб, основная доля в ее создании принадлежит диатомовым водорослям. В табл. 1 приведены данные по распределению численности и биомассы фитопланктона по всем станциям отбора проб в акватории Каспийского моря за летний (осенний) периоды 2011 г.

Наибольшее количество видов отмечено на станциях Курмангазы, Кашаган, Нурсултан и Дархан. Снижено количество видового разнообразия фитопланктона по систематическим группам в летний период в южных портах Тюб-Караган на фоне снижения и частоты встречаемости отдельных видов диатомовых, сине-зеленых и зеленых. Пиропитовые отсутствовали на станциях А1, А3, Курмангазы.

Доминирующим видом, например, станций Каламкас, Курмангазы и Дархан является диатомея *Cyclotella caspia*, хотя ее численность невысока. От-

Таблица 1

Распределение численности и биомассы фитопланктона по всем станциям отбора проб в акватории Каспийского моря, %, в летний (осенний) периоды 2011 г.

Вид фитопланктона	Численность	Биомасса
Сине-зеленые	51 (74)	9,59 (3)
Зеленые	28 (13)	2,09 (3)
Диатомовые	17 (12)	87,91 (90)
Пиропитовые	4 (1)	0,41 (4)

мечена высокая численность присутствия на данных станциях сине-зеленой водоросли — *Aphanothece clathrata*.

Меньше всего по численности занимают представители пиропитовых водорослей — 4 % в летний период, и в осенний период их численность снижается в 4 раза, а также на некоторых станциях они отсутствуют.

Сине-зеленые водоросли представлены мелко-клеточными особями. Этим объясняется невысокая их биомасса на фоне высокой численности.

На каждой станции отмечается свой вид, являющийся доминантным. Например, на станциях Курмангазы доминантами являлись сине-зеленые *O. Amphibia* (β-мезосапроб) и *L. Limnetica*, дающие соответственно 42 и 28 % общей численности фитопланктона. По биомассе преобладали диатомовые (58,5 % от общего показателя) и пиропитовые водоросли (39,07 %). Диатомея *C. Convolutus* и пиропитовая *Exuviella cordata* и *Prorocentrum scutellum* составляли основу биомассы.

Индекс сапробности варьировал от 1,54 до 2,26 и равен 1,96, что соответствует III классу качества воды — "вода умеренно загрязненная". Итак, по всем станциям имеются свои мезосапробные виды, создающие класс качества воды.

### Состояние зоопланктона

Наблюдения в естественных условиях дают мало информации о влиянии нефти на зоопланктон. Однако при ощутимых разливах иногда происходит массовое развитие одних видов и подавление роста других [5].

Государственный мониторинг морской среды Казахстана сектора Каспийского моря за 2011 г. проводился два сезона — летом и осенью.

Данные по численности и биомассе зоопланктона на акватории проведения мониторинга морской среды Казахстана сектора представлены в табл. 2 и 3.

За летний период в составе зоопланктона на акватории был отмечен 31 таксон, в том числе колеровок — 7, ветвистых ракообразных — 6, веслоногих ракообразных — 10, остальные факультативные планктеры — нематоды, олигохеты, личинки двусторчатых моллюсков, усовоногих ра-



Распределение численности основных групп зоопланктона за 2011 г.

Станция	Численность, экз/м <sup>3</sup>									
	Коловратки		Ветвистоусые		Веслоногие		Прочие		Итого	
	Лето	Осень	Лето	Осень	Лето	Осень	Лето	Осень	Лето	Осень
<b>Жамбай</b>										
A-1	2620,8	2341,7	491,4	422,1	2784,6	2823,8	245,7	255,1	6142,5	5842,7
A-3	2328	2347	905	868	2844	2881	776	697	6853	6793
<b>Тюб-Караган</b>										
ТК-5	87	1453	73	461	98	2035	552	580	810	4529
ТК-6	110	1166	68	412	112	1800	684	435	974	3813
ТК-7	94	1147	77	375	84	2244	594	375	849	4141
<b>Среднее</b>	<b>97</b>	<b>1255,3</b>	<b>73</b>	<b>416</b>	<b>98</b>	<b>2026,3</b>	<b>610</b>	<b>463,3</b>	<b>878</b>	<b>4161,0</b>
<b>Дархан</b>										
ДХ-2	2	1462	1	277	241	2327	231	435	475	4501
ДХ-5	10	1141	1534	344	1438	1698	1109	374	4091	3557
ДХ-3	13	1235	1528	337	1432	1710	1114	369	4087	3651
ДХ-6	5	1458	3	293	234	2274	237	427	479	4452
<b>Среднее</b>	<b>7</b>	<b>1324</b>	<b>767</b>	<b>312,75</b>	<b>836</b>	<b>2002,25</b>	<b>673</b>	<b>401,25</b>	<b>2283</b>	<b>4040,25</b>
<b>Каламкас</b>										
КЛМ-1	2426	2429	485	542	2670	2686	758	1225	6339	6882
КЛМ-2	2156	2173	839	853	2396	2420	599	1304	5990	6750
КЛМ-3	1989	1974	936	947	3978	3946	585	1193	7488	8060
КЛМ-4	1525	1489	875	897	3375	3346	1000	1436	6775	7168
КЛМ-5	1375	1561,2	1000	909	2250	3338,9	875,0	1361,5	5500	7170,6
КЛМ-6	2656	2682	1278	1309	3224	3194,4	885	1444	8043	8629,4
КЛМ-7	1000,8	9973	933,6	947	1445,6	1408,2	378,4	861,7	3758,4	13189,9
КЛМ-8	2387,2	2354,1	729,2	750,6	1528,8	1564,3	470,4	484,8	5115,6	5153,8
<b>Среднее</b>	<b>1939</b>	<b>3079,41</b>	<b>793</b>	<b>894,325</b>	<b>2608</b>	<b>2737,97</b>	<b>694</b>	<b>1163,75</b>	<b>6126</b>	<b>7875,5</b>
<b>Курмангазы</b>										
КРМ-1	1881,6	1858	Не обнаружен	241,5	2234,4	2271,8	470,4	1410,7	<b>4586,4</b>	<b>5782</b>
КРМ-3	1200,6	1241,6	667	705	1467,4	1504	800,4	1286,3	<b>4135,4</b>	<b>4736,9</b>
КРМ-5	1197	1235	653	680	1457	1490	579	591	<b>3886</b>	<b>3996</b>
<b>Среднее</b>	<b>1426</b>	<b>1444,87</b>	<b>440</b>	<b>542,17</b>	<b>975</b>	<b>1755,27</b>	<b>617</b>	<b>1096</b>	<b>4203</b>	<b>4838,3</b>
<b>Жемчужины</b>										
ЖЧ-1	1869	1897	599	630	2109	2146	791	813	5368	5486
ЖЧ-2	2340	2373	819	843	2925	2963	1170	1690	7254	7869
<b>Среднее</b>	<b>2105</b>	<b>2135</b>	<b>709</b>	<b>736,5</b>	<b>2517</b>	<b>2554,5</b>	<b>981</b>	<b>1251,5</b>	<b>6311</b>	<b>6677,5</b>
<b>Нурсултан</b>										
Н-1	27	55	379	416	1311	1289	1456	1391	3173	3151
Н-8	2	19	514	496	5355	5306	1321	1248	7192	7069
Н-9	2	23	527	545	1263	1224	1144	1118	2936	2910
<b>Среднее</b>	<b>10,3</b>	<b>32,33</b>	<b>473,3</b>	<b>485,67</b>	<b>2643,0</b>	<b>2606,33</b>	<b>1307,0</b>	<b>1252,33</b>	<b>4433,67</b>	<b>4376,7</b>
<b>Кашаган</b>										
Н-5	435	62,44	1103	124,88	1516	988	231	0,098	3285	1175,4
Н-6	503	32,6	986	44,45	1497	860	247	0,086	3233	937,14
Н-7	471	4,72	754	9,45	1347	596	233	23,37	2805	633,54
<b>Среднее</b>	<b>469,67</b>	<b>33,25</b>	<b>947,67</b>	<b>59,59</b>	<b>1453,33</b>	<b>814,67</b>	<b>237</b>	<b>7,85</b>	<b>3107,67</b>	<b>915,36</b>

ков, полихет, церкарии трематод, кумовые и ракушковые раки.

В осенний период, т. е. в октябре 2011 г., в составе зоопланктона на акватории было отмечено 16 таксонов, в том числе коловраток — 6, ветвистоусых — 2, веслоногих ракообразных — 4, факультативные планктеры — нематоды, олигохеты, личинки двусторчатых моллюсков, усоногих раков, полихет, церкарии трематод, кумовые и ракушковые раки.

Как видно из табл. 2 и 3, на всех станциях кроме Тюб-Караган, Дархан, Нурсултан, и численность, и биомасса к осени снижаются [6].

Анализ многолетних материалов показал, что основную биомассу зоопланктона в западной части моря (85...90 %) составляют группы веслоногих, ветвистоусых и коловраток.

Веслоногие рачки оказались самой массовой группой среди всех представителей зоопланктона на станциях моря. Их массовая доля составила в сред-



Таблица 3

## Распределение биомассы основных групп зоопланктона за 2011 г.

Станция	Биомасса, мг/м <sup>3</sup>									
	<i>Коловратки</i>		<i>Ветвистоусые</i>		<i>Веслоногие</i>		Прочие		Итого	
	Лето	Осень	Лето	Осень	Лето	Осень	Лето	Осень	Лето	Осень
<b>Жамбай</b>										
А-1	18,08	9,68	7,86	4,15	24,57	14,25	0,054	0,01	50,564	28,09
А-3	19,29	13,4	23,26	18,3	38,94	12,24	2,111	0,34	83,60	44,28
<b>Тюб-Караган</b>										
ТК-5	0,1	0,02	2,13	0,69	1,28	0,34	2,21	0,81	5,72	1,86
ТК-6	0,09	0,34	1,15	0,08	0,73	0,04	2,05	0,65	4,02	1,11
ТК-7	0,3	0,21	1,05	0,11	0,46	0,36	0	1,2	1,94	1,88
Среднее	<b>0,163</b>	<b>0,19</b>	<b>1,443</b>	<b>0,293</b>	<b>0,823</b>	<b>0,247</b>	<b>0</b>	<b>0,887</b>	<b>2,067</b>	<b>1,617</b>
<b>Дархан</b>										
ДХ-2	0,04	0,027	0,01	0,007	0,74	0,44	0	1,51	2,46	1,984
ДХ-5	0,17	0,09	12,08	10,4	2,25	1,57	0	1,71	2,76	13,77
ДХ-3	0,09	0,078	11,86	10,48	2,31	1,6	0	2,3	3,22	14,458
ДХ-6	0,01	0,019	0,01	0,001	0,88	0,37	0	1,49	1,46	1,88
Среднее	<b>0,078</b>	<b>0,054</b>	<b>5,990</b>	<b>5,222</b>	<b>1,545</b>	<b>0,995</b>	<b>0</b>	<b>1,753</b>	<b>2,475</b>	<b>8,023</b>
<b>Каламкас</b>										
КЛМ-1	15,71	13,25	14,56	11,82	34,15	31,37	0,72	0,32	66,14	56,76
КЛМ-2	13,26	10,52	15,82	12,08	22,42	18,63	2,28	1,31	53,78	42,54
КЛМ-3	17,40	14,56	30,65	26,3	46,43	41,51	2,58	1,91	48,90	84,28
КЛМ-4	13,275	8,29	11,25	7,51	32,051	28,9	1,87	0,93	58,44	45,63
КЛМ-5	8,30	5,56	14,0	11,22	29,875	24,12	1,343	0,473	53,51	41,373
КЛМ-6	12,72	8,85	29,49	25,6	40,30	35,63	1,48	1,1	83,99	71,18
КЛМ-7	9,341	6,54	16,45	11,41	26,243	21,2	1,21	0,87	53,24	40,02
КЛМ-8	14,9584	11,16	10,512	6,77	15,429	9,48	0,10	0,048	40,99	27,458
Среднее	<b>13,121</b>	<b>9,841</b>	<b>17,842</b>	<b>14,089</b>	<b>30,862</b>	<b>26,355</b>	<b>1,448</b>	<b>0,870</b>	<b>63,272</b>	<b>51,155</b>
<b>Курмангазы</b>										
КРМ-1	10,361	7,57	Не обнаружен	3,54	25,167	9,35	2,1703	0,77	37,6983	21,23
КРМ-3	8,644	4,9	8,537	5,12	16,275	11,65	1,243	0,09	34,699	21,76
КРМ-5	9,134	6,49	8,49	6,01	16,32	12,1	2,13	1,09	<b>36,074</b>	25,69
Среднее	<b>9,380</b>	<b>6,32</b>	<b>5,676</b>	<b>4,89</b>	<b>19,254</b>	<b>11,033</b>	<b>1,848</b>	<b>0,65</b>	<b>36,1571</b>	<b>22,893</b>
<b>Жемчужины</b>										
ЖЧ-1	13,26	9,3	9,96	4,81	20,38	14,4	0,174	0,12	43,774	28,63
ЖЧ-2	24,18	15,4	24,10	17,1	26,08	18,15	2,01	0,35	76,37	51
Среднее	<b>18,72</b>	<b>12,35</b>	<b>17,03</b>	<b>10,955</b>	<b>23,23</b>	<b>16,275</b>	<b>1,092</b>	<b>0,235</b>	<b>60,072</b>	<b>39,815</b>
<b>Нурсултан</b>										
Н-1	27	0,15	379	10,05	1311	21,2	2220	11,55	3937	42,95
Н-8	2	3,54	514	11,38	8355	155,1	2272	3,51	11143	173,53
Н-9	2	3,26	527	13,22	1263	13,13	2283	16,43	4075	46,04
Среднее	<b>10</b>	<b>2,317</b>	<b>473</b>	<b>11,550</b>	<b>3643</b>	<b>63,143</b>	<b>2258</b>	<b>10,497</b>	<b>6385</b>	<b>87,507</b>
<b>Кашаган</b>										
Н-5	7,25	0,119	20,1	0,09	30,32	7,37	8,17	0,334	65,84	7,913
Н-6	8,38	0,15	16,4	0,165	19,94	3,198	3,54	0,0003	48,26	3,5133
Н-7	7,85	0,32	12,56	0,535	29,32	3,657	8,44	0,0004	58,17	4,5124
Среднее	<b>7,827</b>	<b>0,196</b>	<b>16,353</b>	<b>0,263</b>	<b>26,527</b>	<b>4,742</b>	<b>6,717</b>	<b>0,112</b>	<b>57,423</b>	<b>5,313</b>

нем 200,58 мг/м<sup>3</sup> при численности 23 689,55 экз/м<sup>3</sup>. В этой группе доминировали *Acartia tonsa*, *Halicyclops sarsi*, *Calanipeda aquae dulcis*. Доля коло-враток составляет по численности в среднем 13 917,7 экз/м<sup>3</sup> и по биомассе — 59,88 мг/м<sup>3</sup>.

Изменение численности полифемид, являю-щихся представителями ветвистоусых рачков, по вертикали идет параллельно изменению температу-ры воды. Каспийские полифемиды являются тепло-любивыми организмами, и снижение температуры воды отрицательно влияет на их развитие, поэтому

численность их резко падает в холодное время года. Из полифемид встречались *Podonevadne camptonux*, *Cornigerius maeopticus*. Массовая доля ветвистоусых в осенний период составила 21,6 % от общей био-массы зоопланктона.

**Состояние макрозообентоса**

Взаимодействие с нефтяными углеводородами приводит к различным физиолого-биохимическим и морфологическим изменениям в гидробионтах, например к изменениям реакции. В одних случаях

эти изменения носят обратимый характер, в других — вызывают стойкие патологические нарушения, ведущие к гибели. Выпадение тех или иных видов из сложившегося сообщества ведет к перестройке биоценозов, а при длительном или массовом воздействии токсиканта — к полному уничтожению экосистемы [5].

В связи с предстоящей коммерческой добычей углеводородного сырья с мелководного шельфа Казахстанского сектора Каспийского моря с искусственных островов исследование экологического состояния макрозообентоса является актуальным и необходимым.

Грунты района исследований определялись по гидробиологической классификации. Согласно ей грунт исследуемой акватории структуры был представлен, в основном, заиленной мелкобитой серой и рыжей ракушкой с примесью серого песка.

Распределение численности и биомассы основных групп макрозообентоса в летний (осенний) периоды 2011 г. приведены в табл. 4 [4, 7].

Результаты проведенного исследования бентофауны в июле представляют собой биомассу и численность во время весеннего размножения донных организмов и летнего нагула бентосоядных рыб в этом районе.

В составе макрозообентоса исследуемой акватории Каспийского моря в июле 2011 г. обнаружено 6 групп донных организмов, относящихся к моллюскам, червям, ракообразным, личинкам насекомых, губкам и медузам. Всего определено 26 видов и групп донных животных, из них: червей — 3 вида и одна группа олигохет, ракообразных — 10, моллюсков — 9, личинок насекомых — 2, губок — 1 и медуз — 1 вид.

Изменение видового состава зообентоса и его количественных характеристик, доминирование групп по биомассе и численности в его составе по станциям наблюдения на акватории исследований Каспийского моря связаны, в первую очередь, с гидролого-гидрохимическими условиями местобитания (среди которых на первом месте стоит соленость) и типом грунта.

Исследования макрозообентоса на изучаемой акватории Каспийского моря продолжались в ок-

тябре 2011 г. и характеризовали состояние бентофауны в осенний период.

Биомасса и численность организмов бентофауны осенью представляют собой биомассу и численность зообентоса в позднеосенний период. В это время нагул бентосоядных рыб здесь уже не происходит, и начинается некоторое восстановление фауны донных организмов.

Изменение видового состава зообентоса и его количественных характеристик то же, что и в июле 2011 г. (см. выше).

В составе макрозообентоса исследуемой акватории участка в октябре 2011 г. обнаружено 5 групп донных организмов, относящихся к моллюскам, червям и ракообразным, медузам и мшанкам.

Колебания по станциям биомассы бентофауны в среднем составляли от 11,159 мг/м<sup>2</sup> в районе порта Баутино до 164,323 мг/м<sup>2</sup> (станция Дархан). Численность организмов зообентоса на этой акватории варьировала в среднем по станциям от 201 экз/м<sup>2</sup> в районе порта Баутино до 6038 экз/м<sup>2</sup> (станция Нурсултан).

В осенний период исследований на станциях наблюдений на акватории структур Каламкас и Жемчужины обнаружена медуза Блэкфордия вирджиника (*Blackfordia virginica*). Такая медуза была обнаружена на Атлантическом побережье Северной Америки в 1910 г. Через 15 лет такой же вид был пойман в Черном море (это солоноватоводный вид).

*Blackfordia virginica* является привезенным видом в результате деятельности человека — либо занесенным целенаправленно, либо случайно, с обрастаниями на судах, в балластных водах из Черного в Каспийское море [8], скорее всего, в результате судоходства.

Поскольку такой вид был обнаружен в период осенних исследований, задачей последующих мониторинговых наблюдений является изучение условий обитания этой медузы в Каспийском море: соленость, глубина, объекты питания и т. д.

Из вышеизложенного следует, что в целом акватория исследований за 2007—2011 гг. характеризуется удовлетворительной биомассой и численностью донных организмов.

## Выводы

Результаты исследований Казахстанского сектора Каспийского моря в связи с предстоящей добычей нефти и газа по выявлению фоновое состояние гидробиологического сообщества показали:

- на всех обследованных по сезонам станциях в основном встречаются четыре вида фитопланктона: диатомовые, зеленые, сине-зеленые, пиррофитовые;

Таблица 4

Распределение численности и биомассы основных групп макрозообентоса, %, в летний (осенний) периоды 2011 г.

Группа макрозообентоса	Численность	Биомасса
Черви <i>Vermes</i>	38,02 (20,25)	21,64 (26)
<i>Mollusca</i>	14,93 (22,05)	32,85 (20)
Ракообразные <i>Crustacea</i>	46,45 (56,16)	31,50 (52)
Личинки двукрылых насекомых <i>Insecta</i>	0,46 (0,49)	0,24 (1)
Другие (губки, медузы)	0,14 (1,05)	13,77 (1)



- основную биомассу зоопланктона в западной части моря (85...90 %) составляют группы веслоногих, ветвистоусых и коловраток;
- в целом за исследованный период акватория характеризуется удовлетворительной биомассой и численностью донных организмов, среди которых преобладают эвригалинные и морские организмы типичной донной фауны для Каспийского моря.

#### Список литературы

1. **Кенжегалиев А.** Современное экологическое состояние Казахстанского сектора Каспийского моря. — Алматы: НИЦ "Гылым", 2003. — 118 с.
2. **Кенжегалиев А., Абилазиева А. А., Шахманова А. К., Калиманова Д. Ж.** Оценка экологического состояния гидро-

бионтов северного Каспия в связи с предстоящей добычей нефти. — Алматы 2008. — 192 с.

3. **Кенжегалиев А.** Антропогенная нагрузка нефтепоисковых работ на экологию Каспия и методы ее снижения. — Алматы: изд. "Гылым", 2010. — 180 с.
4. **Государственный** экологический мониторинг на шельфе и в прибрежной зоне Каспийского моря с применением технологий космического дистанционного зондирования 2011 г. Финальный отчет. Алматы 2011 г. — 262 с.
5. **Миронов О. Г.** Взаимодействие морских организмов с нефтяными углеводородами. — Л.: Гидрометеиздат, 1985. — 126 с.
6. **Касымов А. Г.** Экология Каспийского озера. — Баку, издательство "Азербайджан", 1994. — 240 с.
7. **Отчет** государственного экологического мониторинга на шельфе и в прибрежной зоне Каспийского моря с применением технологий космического дистанционного зондирования за 2010 г. Алматы 2010 г.
8. **Карпинский М. Г.** Об особенностях вселения морских видов в Каспий // Российский Журнал Биологических Инвазий. № 2. 2009. — С. 2—8.

## ОБРАЗОВАНИЕ

УДК 378.225

**Свинцов А. П.**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, Российский университет дружбы народов, Москва  
E-mail: svintsovap@rambler.ru

### Подготовка высококвалифицированных специалистов-строителей — основа обеспечения безопасности жизнедеятельности

*Представлена информация о подготовке высококвалифицированных специалистов-строителей в Российском университете дружбы народов.*

**Ключевые слова:** обучение, исследования, строительство

**Svintsov A. P.** *Preparation of Highly Qualified Specialists in Civil Engineering is the Foundation of Life Safety*

*Provides information about the training of highly qualified civil engineers at the Peoples' Friendship University of Russia.*

**Keywords:** education, research, civil engineering

Непрерывное и нарастающее расширение и обновление объема знаний, научных и технических разработок и практического опыта ведет к усилив-

яющейся специализации во всех областях деятельности людей, в особенности в строительной отрасли. Умение не только находить наиболее рациональные и экономичные технические, технологические и организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях, уверенно ориентироваться в научно-технической информации, но и осуществлять контроль за соблюдением технологической дисциплины и экологической безопасности; правильно выбирать конструкционные материалы, гарантирующие требуемые показатели безопасности зданий и сооружений для обеспечения безопасных для здоровья человека условий проживания и пребывания в них; охрану окружающей среды — суть требований к специалистам-строителям современного уровня.

Главной задачей образовательной политики в Российском университете дружбы народов (РУДН) является подготовка востребованных высококвал-

лифицированных специалистов для всех отраслей народного хозяйства, в том числе для строительства. РУДН — это международный университет классического типа, имеющий многопрофильную структуру факультетов, кафедр и специальностей и многонациональный коллектив преподавателей, студентов, аспирантов из 140 стран мира. Создание университета было задумано для оказания помощи в подготовке высококвалифицированных и воспитанных в духе дружбы народов национальных кадров для стран Азии, Африки и Латинской Америки, освободившихся от колониальной зависимости. Более чем за полувековую историю университет получил всемирную известность как крупный учебный и научный центр, многие годы занимающий третье место среди классических университетов России.

Обеспечение профессиональной подготовки специалистов по направлению 270800 "Строительство" (квалификация (степень) "бакалавр-магистр") осуществляется в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ФГОС ВПО), который предусматривает подготовку выпускников к производственно-технологической, производственно-управленческой, проектно-исследовательской, проектно-расчетной, экспериментально-исследовательской, инновационной, монтажно-наладочной и эксплуатационной профессиональной деятельности при обеспечении безопасности зданий и сооружений, включая процессы проектирования, строительства, монтажа, наладки и эксплуатации, посредством установления соответствующих требованиям безопасности проектных значений параметров зданий и сооружений и качественных характеристик в течение всего их жизненного цикла, контроля безопасности на производственных участках и безопасных для здоровья человека условий проживания и пребывания в зданиях и сооружениях.

Современные принципы и методики университетского образования базируются на системе взаимосвязанных учебных циклов и разделов, специально разработанных для бакалавров и для магистров, состоящих из базовой (обязательной) и вариативной (профильной) частей. Базовая часть — это федеральная компонента, обязательная для всех вузов страны, осуществляющих обучение по направлению "Строительство", предусматривает в профессиональном учебном цикле в составе ряда обязательных дисциплин изучение дисциплины "Безопасность жизнедеятельности". Вариативная часть — это компонента образовательного учреждения, соответствующая его стандартам и позволяющая обучающимся получить углубленные знания и навыки для успешной про-

фессиональной деятельности и продолжения обучения в аспирантуре.

Учебный процесс построен таким образом, чтобы обеспечить каждому обучающемуся максимально благоприятные условия для освоения учебных циклов и разделов основной образовательной программы по направлению и получения по завершении обучения общекультурных и профессиональных компетенций в полном соответствии с требованиями действующих законодательных актов, ФГОС ВПО и других нормативных документов.

Быстрый рост объема новых знаний в различных областях науки и техники обуславливает необходимость повышения интенсивности научной подготовки высококвалифицированных специалистов-строителей, использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой, постоянный творческий и деловой контакт с представителями строительных компаний, мастер-классы экспертов и специалистов.

Решение научно-технических задач невозможно без привлечения современных научных знаний и тесно связано с теоретическими и экспериментальными исследованиями, с разработкой технических и технологических решений и пр. Разработка технологического решения (способа производства) является одним из направлений решения научно-технических задач в строительстве. Совершенствование технологии возведения зданий и сооружений, создание новых технологических процессов составляют основу повышения эффективности строительства. Решенные задачи служат основой для образования новых задач, разработка решений которых предстоит. Это обеспечивает развитие и совершенствование строительной отрасли, ее прикладной науки, техники и технологии. Поэтому главный акцент в системе подготовки студентов-строителей сделан на создание условий наибольшего благоприятствования для занятий научно-исследовательской работой. Студенты вовлекаются в научную работу уже с первого дня обучения, имея возможность работать в лабораториях, оснащенных современным оборудованием и высокоточными приборами, позволяющими проводить научные исследования по актуальным проблемам строительства.

Выполнение научно-исследовательской работы, решение научно-технической задачи тесно связаны с разработкой технических или технологических решений, которые могут обладать патентоспособностью и представлять собой объекты интеллектуальной собственности. При разработке технических решений студенты применяют знания законов физики и химии, принципов техно-



логии и организации строительства, строительных материалов и конструкций в полном соответствии с требованиями нормативных документов и действующего законодательства о безопасности зданий и сооружений.

На кафедре "Проектирование и строительство промышленных и гражданских сооружений" преподавателями совместно со студентами и аспирантами разработаны и защищены патентами РФ технические решения, некоторые из которых перечислены ниже.

**"Безбалочное перекрытие"**, обладающее высокой несущей способностью и позволяющее перекрывать большие пролеты (от 6 до 12 м и более) при относительно небольших толщинах плиты (180...200 мм). Это позволяет расширить круг архитектурных возможностей при проектировании и строительстве зданий различного назначения и обеспечивает безопасные условия проживания и пребывания людей в них [1, 2].

**"Навозосборник"** с высокими экологическими и гидроизоляционными характеристиками, позволяющими повысить техническую и экономическую эффективность строительства свиноводческих комплексов, обеспечить экологическую безопасность зданий свиноводческих комплексов посредством предотвращения попадания навоза, навозной жижи и навозных стоков в грунт и подземные воды и не допустить негативного воздействия на окружающую среду и водные ресурсы [3, 4].

Техническое решение "Навозосборник" прошло проверку в производственных условиях в ООО "ВСО Строймеханизация" при строительстве свиноводческих комплексов в Липецкой, Брянской, Смоленской и других областях России.

**"Переход трубопровода под автомобильной дорогой"** позволяет предотвратить разрушение водопроводных и канализационных труб от воздействия транспортных нагрузок, повысить надежность инфраструктурных систем жизнеобеспечения и снизить загрязнение почв и поверхностных и подземных водных ресурсов [5].

Создание экологически безопасной водной среды и обеспечение доступности систем водоснабжения и водоотведения являются основными условиями обеспечения надлежащего уровня жизни и здоровья населения. В этой связи важнейшим направлением обеспечения населения России водопроводной питьевой водой и средствами водоотведения является повышение надежности инфраструктурных систем жизнеобеспечения: трубопроводов сетей водоснабжения и водоотведения.

**"Воздуховод для вентиляции сельскохозяйственной продукции при хранении"** — устройство напольного воздуховода, позволяющее существенно

повысить эффективность сохранности корнеплодов, обеспечить неизменность их потребительских свойств за счет создания благоприятных для этих целей микроклиматических условий в помещениях складов и хранилищ, снизить эксплуатационные затраты на вентиляцию при обеспечении стабильной пропускной способности по воздуху [6, 7].

Одной из особенностей современного развития науки и техники является большой объем текущей информации о получаемых результатах исследований. Система научно-технических знаний остановилась бы в своем развитии, если бы не находилась в непрерывном потоке информации. Каждое научно-техническое исследование начинают с изучения соответствующей информации. Основная цель сбора и анализа научно-технической информации заключается в понимании и освещении состояния предмета исследования, уточнении цели и задач для ее достижения.

Использование современных информационных технологий и электронной библиотеки открывает доступ к учебным пособиям, базам данных и к основным научным журналам: "Безопасность жизнедеятельности", "Монтажные и специальные работы в строительстве", Вестник РУДН, серия "Инженерные исследования", "Жилищное строительство", "Строительные материалы" и др. Работая с источниками информации, исследователь приобретает новые для себя знания в исследуемой области, формирует свое личное понимание методов решения научно-технической задачи. Собранная и проанализированная информация служит теоретической базой для дальнейших исследований. Опираясь на полученные знания, исследователь может правильно выбрать и применить эту информацию. Анализ источников научно-технической информации не только служит приобретению знаний, но и способствует вдохновению и появлению собственных идей и вопросов.

Высокая интенсивность и многоплановость подготовки позволяет студентам приобрести практические навыки научной и производственной деятельности, сформировать психологическую готовность к работе в строительном коллективе. Почти все выпускники востребованы работодателями и работают на различных инженерных должностях в строительных организациях и компаниях.

Таким образом, подготовка высококвалифицированных специалистов для строительной отрасли, базирующаяся на современных образовательных технологиях, позволяет обучающимся получить необходимые общенаучные и профессиональные компетенции и хорошие навыки научно-практической и научно-исследовательской работы в полном соответствии с требованиями нормативных документов и действующего

законодательства о безопасности зданий и сооружений. Это обеспечивает им стабильную конкурентоспособность на современном рынке труда.

#### Список литературы

1. **Патент** на изобретение RUS 2382154. 16.10.2008. E04B 5/43. Безбалочное перекрытие / Свинцов А. П., Малов А. Н., Ганин А. А., Шкиленко А. С. Опубликовано: 20.02.2010. Бюл. № 5.
2. **Свинцов А. П., Сидоренко С. Н., Ганин А. А.** Большепролетное безбалочное бескапитальное железобетонное перекрытие и технология его возведения // Монтажные и специальные работы в строительстве. — 2010. — № 3. — С. 22—25.
3. **Патент** на полезную модель RUS 100702. 22.06.2010. A01K 1/02. Навозосборник / Свинцов А. П., Шубин А. М., Мукарзель С. А. Опубликовано: 27.12.2010. Бюл. № 36.

4. **Свинцов А. П., Гусаков С. В., Рыбаков Ю. П., Николенько Ю. В., Мешков В. В.** Защита водных ресурсов от загрязнения навозом свиноводческих зданий // Безопасность жизнедеятельности. — 2012. — № 7. — С. 43—47.
5. **Патент** на полезную модель RUS 110162. 14.04.2011. F16L1/00. Переход трубопровода под автомобильной дорогой / Свинцов А. П., Николенько Ю. В., Аль-Харами Тами Хаиф, Семенович К. И. Опубликовано: 10.11.2011. Бюл. № 31.
6. **Патент** на полезную модель RUS 106494. 24.02.2011. A01F. 25/08. Воздуховод для вентиляции сельскохозяйственной продукции при хранении / Свинцов А. П., Николенько Ю. В., Харун М., Квартенко К. В., Синчило С. С. Опубликовано: 20.07.2011. Бюл. № 30.
7. **Свинцов А. П., Николенько Ю. В.** Воздуховод для вентиляции сельскохозяйственной продукции при хранении // Аграрная Россия. — 2012. № 6. — С. 28—30.

УДК 378.12.147

**Э. Ф. Матвеева**, канд. пед. наук, доц., Астраханский государственный университет,  
**Т. А. Колесникова**, канд. пед. наук, доц., Астраханский институт повышения квалификации и переподготовки  
 E-mail: elvira107@rambler.ru

## Обучение студентов химического факультета приемам техники безопасности и охраны труда

*Рассмотрены результаты освоения программ по химии на разных ступенях образования. Обоснована необходимость подбора форм и видов деятельности студентов химического факультета при их обучении приемам техники безопасности и охраны труда. Даны примеры занятий по обучению технике и методике химического эксперимента и приемам техники безопасности и охраны труда.*

**Ключевые слова:** химический эксперимент, тестовые задания, приемы техники безопасности и охраны труда

**Matveeva E. F., Kolesnikova T. A.**  
*Teaching Students of the Faculty of Chemical of Methods of Safety and Labor Protection*

*The article discusses the results of development programs in chemistry in accordance with the problem of research on the different stages of learning. The authors of the necessity of selection of forms and activities of students of the University Department of Chemistry for their safety training and health and labor protection. Description offered training sessions techniques of safety and labor protection.*

**Keywords:** chemical experiment, training tests, methods of safety and labor protection

Обучение студентов химического факультета технике безопасности и охране труда требует пристального внимания и всестороннего рассмотрения [1]. В масштабах страны, как отметил В. П. Иванов, президент Российского союза химиков, "наряду с повышением эффективности производства, внедрением новых технологий на первый план выходят вопросы экологической безопасности, охраны труда, качественного обучения специалистов, инвестиций в человеческий капитал химической отрасли" [1]. Формирование специалиста-химика происходит на протяжении всех лет изучения химии: в школе и вузе. Значительная роль отводится химическому эксперименту. В современной школе уменьшено число часов на изучение химии, и, как следствие этого, у студентов-первокурсников часто вызывают затруднения простейшие приемы техники выполнения химического эксперимента: умение пользоваться нагревательным прибором, мерной посудой, собирать простейший прибор для получения газов и проверять его герметичность; умение проводить нагревание, выпаривание, фильтрование и другие операции. Основы умения выполнять химические эксперименты закладываются у учащихся не только на уроках химии с VII или VIII класса, но и на предметах естественнонаучной



направленности в начальной школе, а также на уроках биологии и физики.

Наблюдения за студентами на практических занятиях, а также анализ результатов выполнения тестов по химическому эксперименту позволяют сделать вывод о недостаточной подготовке студентов, которая проявляется в незнании свойств веществ, соотнесения свойств и способов получения веществ, неумении собрать простейший прибор для получения газов. Особое затруднение вызывает выбор способа сбора получаемых газов и приемов техники безопасности и охраны труда в ходе выполнения эксперимента. В ходе обсуждения ситуации студенты говорят о том, что эксперимент не проводился в школе или они выполняли экспериментальные работы в группе, когда один делает, остальные наблюдают и оформляют работу. Поэтому многие боятся что-либо выполнять самостоятельно, при проверке знаний по владению правилами техники безопасности и охраны труда нет четких ответов. Сказанное обусловило необходимость не только изучения отношения студентов к технике безопасности на занятиях по химии в школе и вузе, но и создания специальной технологии обучения экспериментальной работе с соблюдением правил техники безопасности и охраны труда.

Актуальность возникновения данной проблемы подтверждается также появлением заданий по химическому эксперименту и приемам техники безопасности и охраны труда в ГИА и ЕГЭ. Ознакомление с рекомендациями по ЕГЭ позволяет сделать вывод об актуальности проблемы. Таким образом, необходимо уделить внимание вопросам прикладной направленности современной химии при изучении в школе и вузе методики преподавания химии. В настоящее время становится востребованным изучение состояния поиска и синтеза полезных веществ и материалов, обладающих заданными свойствами; разработка эффективных физико-химических методов исследования; использование в учебном процессе практического материала по региону.

Основная идея изучения прикладной направленности курса химии состоит в установлении связи структуры вещества с его свойствами; объяснении свойств веществ составом и строением "молекул" веществ; изучении свойств и получении веществ и соблюдении техники безопасности и охраны труда. Цели обучения студентов на занятиях методики курса преподавания химии: подготовка и развитие практических знаний и умений в области методики химического эксперимента с опорой на знания по технике безопасности и охране труда.

В государственном стандарте основного общего и среднего (полного) общего образования выделены личностные, метапредметные и предметные результаты. Подчеркивается идея преемственности

предметных результатов на разных ступенях образования. Ранее приобретенные знания и умения должны обеспечивать успешное обучение на последующих ступенях. В таблице представлены требования к результатам освоения курса химии на разных ступенях образования [9–12].

На занятиях по химии в школе, при выполнении курсовых или выпускных работ в вузе обучаемые должны уметь работать с инструкцией, осуществлять подбор оборудования и реактивов, методов исследования, владеть техникой и методикой химического эксперимента. Под методикой подразумеваем умение обучаемых формулировать конкретные цели, определять предполагаемые результаты эксперимента, планировать эксперимент, осознавать назначение и устройство частей и целого прибора, создавать условия проведения эксперимента, учитывать меры предосторожности в ходе получения, хранения продукта реакции и, если надо, способы утилизации излишков исходных веществ и продуктов реакции.

Анализ приведенной таблицы позволяет сделать вывод о том, что в каждой программе по химическим дисциплинам необходимо уделять серьезное внимание вопросам изучения приемов техники безопасности и охраны труда. Незнание одних более простых вопросов ведет к незнанию и появлению серьезных ошибок в ходе изучения более сложных тем. Ориентация содержания среднего (полного) общего образования на формирование межпредметных умений безопасного и эффективного проведения эксперимента сказывается в дальнейшем на формировании основ химической грамотности обучаемых. На занятиях по химическим дисциплинам со студентами IV курса освоение знаний техники безопасности и охраны труда происходит в виде различных форм и видов обучения.

- Лабораторный практикум: выполнение эксперимента с целью ознакомления с методикой выполнения и содержанием опытов, рекомендованных школьной программой.
  - Моделирование фрагмента урока с использованием химического эксперимента на различных этапах урока (в зависимости от цели).
  - Участие в проектной деятельности учащихся, в ходе педагогической практики, на занятиях в школе "Юный химик".
  - Индивидуальное выполнение химического эксперимента в ходе курсовой и дипломной работ.
- Для самостоятельной работы студентам предлагается выполнить следующие задания.

1. Составить библиографический список по теме обсуждения.
2. Изучить место и роль химического эксперимента в школьной программе.
3. Определить виды химического эксперимента.





**Предметные компетенции и профессиональные задачи по освоению программ химии на разных ступенях образования с учетом соблюдения правил техники безопасности и охраны труда**

Ступени образования		Содержание образования
Основная школа	Базовый уровень	Формирование умений безопасного и эффективного использования лабораторного оборудования, проведения точных измерений и адекватной оценки полученных результатов, представления научно обоснованных аргументов своих действий, основанных на межпредметном анализе учебных задач. Овладение основами химической грамотности: способностью анализировать и объективно оценивать жизненные ситуации, связанные с химией, навыками безопасного обращения с веществами, используемыми в повседневной жизни; умением анализировать и планировать экологически безопасное поведение в целях сохранения здоровья и окружающей среды
Средняя (полная) школа	Базовый уровень	Владение правилами техники безопасности при использовании химических веществ
	Профильный уровень	Владение умением самостоятельно планировать и проводить химический эксперимент, соблюдая правила безопасной работы с веществами и лабораторным оборудованием Формирование умения прогнозировать, анализировать и оценивать последствия для окружающей среды, бытовой и производственной деятельности человека, связанной с переработкой веществ
Высшая школа	Направление 020100 Химия	Бакалавры-химики должны владеть: навыками химического эксперимента, основными синтетическими и аналитическими методами получения и исследования химических веществ и реакций; методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств, способностью проводить оценку возможных рисков
		Магистранты-химики должны владеть: наличием представления о наиболее актуальных направлениях исследований в современной теоретической и экспериментальной химии (синтез и применение веществ в наноструктурных технологиях, исследования в экстремальных условиях, химия жизненных процессов, химия и экология и др.); теорией и навыками практической работы в избранной области химии (в соответствии с темой магистерской диссертации)
	Направление 540100 Естественно-научное образование (ЕНО)	Бакалавры-ЕНО должны владеть: технологией и методикой обучения (по дисциплинам профильной подготовки); понятием о здоровьесберегающих технологиях
		Магистранты-ЕНО должны быть готовы: к решению образовательных и исследовательских задач, ориентированных на научно-исследовательскую работу в предметной области знаний и образования; использовать современные технологии сбора, обработки и интерпретации полученных экспериментальных данных; владеть современными методами исследований, которые применяются в области естественнонаучного образования; выполнять правила и нормы охраны труда, техники безопасности и противопожарной защиты, обеспечивать охрану жизни и здоровья учащихся в образовательном процессе

4. Выделить основные правила работы в школьной химической лаборатории. Составить перечень и указать назначение лабораторной посуды и оборудования.

5. Составить сводную таблицу "Тематический список реактивов", в которой указать встречаемость реактивов.

6. Соотнести приемы экспериментальной работы, например приготовление растворов, очистка веществ, проведение химических реакций, и приемы техники безопасности и охраны труда.

7. Разработать технологическую карту химического эксперимента.

**Образец карты химического эксперимента**

1. Название опыта.
2. Класс, тема урока.
3. Форма эксперимента.
4. Цель эксперимента.
5. Оборудование и реактивы.

6. Устройство прибора. Техника выполнения. Меры предосторожности. Правила безопасности и охрана труда.

7. Методика проведения опыта. Объяснение химизма процесса.

8. Способ утилизации продуктов реакции.

9. Прогнозирование технических затруднений при проведении эксперимента. Возможные методические затруднения при организации наблюдения и осмысления результатов опыта.

10. Методическая ценность данного эксперимента.

11. Оформление: рисунок, ход выполнения, техника безопасности.

В конце карты по химическому эксперименту рекомендуется делать "примечания", в которых следует подчеркнуть методические и технические особенности данного эксперимента. Иначе формальный подход к выполнению химического эксперимента приведет к тому, что, не зная последствий, студент может, например, вылить в раковину



продукты реакций, насыщенные кислотами или ценными веществами.

Для того чтобы студенты получили более полные знания о технике безопасности и охране труда, они должны разбираться в особенностях используемых реактивов, знать их "паспортные" данные, ориентироваться в условиях протекания реакций, предполагать результат эксперимента, знать об условиях хранения полученного вещества, о приемах утилизации отходов.

Большую помощь в обучении студентов правилам техники безопасности и охраны труда оказывает система тестовых заданий по технике и методике химического эксперимента. Для составления тестовых заданий использованы пособия и статьи авторов Э. Г. Злотникова, В. В. Сорокина, А. С. Семенова [7, 8]. Тестовые задания могут быть укомплектованы в 10 вариантах, по шесть заданий в каждом. В ходе озвучивания результатов тестирования следует обращать внимание студентов на наиболее часто встречающиеся ошибки. Затем на основе анализа ошибок составляют один вариант тестов (20 заданий), и желающие могут проверить свои силы еще раз (на занятии или по интернет-консультации). После такой проработки материала студенты более осознанно подходят к выполнению заданий по технике и методике химического эксперимента с соблюдением правил техники безопасности и охраны труда. Ниже приведены примеры некоторых заданий [6, 8], выдаваемых студентам в химической лаборатории.

1. Какие вещества нужно выбрать для получения достаточного количества аммиака?

1.  $\text{CaO}$  (тв.) и  $\text{KNO}_3$  (тв.).
2.  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (р-р) и  $\text{NaOH}$  (р-р).
3.  $\text{Ca(OH)}_2$  (тв.) и  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (тв.).
4.  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (тв.) и  $\text{NaCl}$  (тв.).

2. Что нельзя применять в качестве первичных средств пожаротушения?

1. Сухой песок.
2. Накидки из толстой ткани, пропитанные огнезащитным составом.
3. Огнетушители порошковые.
4. Воду.

3. Обычный метод осушки газов заключается в пропускании их через концентрированную серную кислоту. Какой газ нельзя осушить обычным методом?

1. Хлороводород.
  2. Аммиак.
  3. Углекислый газ.
  4. Водород.
4. Какой газ является токсичным (ядовитым)?
1.  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$ .
  2.  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .
  3.  $\text{Ar}$ ,  $\text{O}_2$ .
  4.  $\text{N}_2$ ,  $\text{He}$ .

К занятиям лабораторного практикума по изучению Методики преподавания химии студенты получают задания:

- 1) оформить карту химического эксперимента по конкретной теме;
- 2) разработать фрагмент урока с использованием демонстрационного или лабораторного эксперимента.

Подробные инструкции к выполнению химического эксперимента имеются в методической литературе. Наиболее полно отвечают современным требованиям труды В. С. Полосина, Г. М. Чернобельской, И. Н. Черткова, П. Н. Жукова [5, 6, 13]. Большую помощь в освоении знаний по технике безопасности и охране труда могут оказать работы Т. С. Назаровой, Г. Л. Маршановой, А. С. Семенова, В. В. Сорокина, Э. Г. Злотникова [2, 3, 7, 8].

На одном из занятий лабораторного практикума студентам предлагают разработать сценарий решения экспериментальной задачи для учащихся.

### *Экспериментальная задача*

**Задание:** проведите реакции, с помощью которых можно доказать, что выданное вещество является хлоридом аммония.

**Цель:** научиться решать качественные задачи на доказательство состава вещества.

**Оборудование и реактивы:** штатив для пробирок, пробирки (2 шт.), хлорид аммония (крист.), растворы реактивов на хлорид-ион и на ион аммония, дистиллированная вода.

Порядок выполнения задачи:

1. Составьте план решения задачи.
2. Напишите молекулярные и ионные уравнения соответствующих реакций.
3. Решите задачу экспериментально, соблюдая правила техники безопасности и охраны труда (работа со щелочами, спиртовкой, правила ощущения запаха газообразного вещества, чистота и порядок на рабочем месте).
4. Оформите отчет, заполнив соответствующую таблицу с графами: номер п/п. Что делали. Наблюдения. Выводы: 1. В исследуемом веществе содержится катион ....., так как при его взаимодействии с ..... образуется ..... 2. В исследуемом веществе содержится анион ....., так как при его взаимодействии с ..... образуется .....

Общий вывод: исследуемое вещество — это ....., так как оно содержит катион ..... и анион .....

Интерес представляет поз. 3 порядка выполнения задачи, в ходе решения которой учащиеся должны вспомнить правила обращения со спиртовкой, работы со щелочью, газообразными веществами, имеющими резкий запах, и т. д.

Авторы пособия "Химический эксперимент с малыми количествами реактивов" рекомендуют при проведении опытов на взаимодействие солей аммония со щелочами "проследить за тем, чтобы не скапливался в классе аммиак" [13, с. 102]. Для этого необходимо прекращать эксперимент после первых признаков выделения аммиака (запах, изменение окраски фенолфталеиновой бумажки).

Рассмотрим возможную модель обучения на примере распознавания минерального удобрения (фрагмент урока). Курсивом отмечена деятельность учителя и учащихся, в основе которой заложены приемы техники безопасности и охраны труда.

С чего начать изучение образца удобрения?

— внимательно рассмотреть образец удобрения, определить его цвет, запах, влажность, характер кристаллов или гранул.

*Учитель должен продумать, как он может экспонировать учащихся минеральные удобрения с целью изучения их физических свойств (подсказка: в маленьких или больших пробирках, в пакетиках и т. д.). Учащиеся должны применить приемы органолептического изучения: отметить визуально внешний вид, цвет; форму (кристаллы, монолиты и т. д.); запах (вспомнить правило изучения запаха веществ); влажность (слюдаемость).*

Далее учитель организует деятельность по изучению растворимости удобрения в воде:

1. По справочнику найти значение растворимости веществ на 100 мл воды (сделать пересчет на 10 мл воды).

2. Осуществить отбор вещества на часовое стекло, взвесить его.

3. Поместить вещество в пробирку и прилить 10 мл воды.

4. Осторожно взболтать вещество для достижения растворения и сделать выводы о растворимости вещества.

Что дает изучение растворимости удобрения в воде?

— По растворимости удобрение можно условно подразделить на следующие категории [4, с. 59–60]: 1) полностью растворимо; 2) заметно растворимо (растворяется не менее половины взятого удобрения); 3) слабо растворимо (растворяется менее половины взятого удобрения); 4) нерастворимо (видимого уменьшения в воде объема взятого удобрения не произошло).

Как провести анализ образца удобрения?

— Прежде всего провести реакции со щелочью, хлоридом бария и нитратом серебра, для чего необходимо знать состав удобрения и возможные реакции.

Что можно установить реакцией со щелочью?

— Наличие запаха аммиака и то, что имеем аммиачное удобрение.

Какой ион можно определить по реакции с хлоридом бария?

— Реакция с хлоридом бария открывает присутствие в удобрении сульфат-ионов (по образованию белого тяжелого осадка).

Для чего служит реактив нитрата серебра? Какие особенности в обращении с этим реактивом?

— Реакция с нитратом серебра служит для обнаружения хлорид- и фосфат-ионов, хлорид серебра выпадает в виде белого творожистого осадка, фосфат серебра окрашен в желтый цвет. Нитрат серебра с сульфат-ионом образует тяжелый белый осадок, однако гораздо меньшего объема, чем от прибавления хлорида бария. Раствор нитрата серебра приливают по 2...3 капли (это дорогостоящий реактив), продукты реакции собираются в отдельную склянку.

Как можно доказать наличие нитрат-ионов?

— Из известных способов можно отметить два: 1) взаимодействие с концентрированной серной кислотой и медными стружками: в пробирку помещают 0,5 г нитрата натрия (или другого нитрата), приливают 2...3 капли концентрированной серной кислоты, добавляют немного медных стружек и слегка нагревают; 2) на раскаленный уголь насыпают немного сухого и некристаллического удобрения (с кончика ножа) и наблюдают за быстротой сгорания, цветом пламени и дыма, его запахом и осадком после сгорания.

*На примере последнего абзаца видим несовершенство инструкции в проведении эксперимента, достаточно сложного для лабораторного исполнения. Здесь удобно воспользоваться советами из книги [13, с. 106]: "В пробирку поместите столько нитрата натрия, чтобы только покрыть ее дно. Добавьте в нее кусочек меди и прилейте 4–5 капель раствора серной кислоты. Пробирку плотно закройте пробкой и слегка встряхните. Что наблюдаете через некоторое время? Для лучшего наблюдения результата реакции поместите сзади пробирки белый экран. Какие реакции происходят? Напишите уравнения реакций".*

Для обсуждения проблемы обучения приемам техники безопасности и охраны труда приведем простые примеры. Как показывает практика, на технику безопасности и охрану труда обращается внимание только в случае изучения газообразных веществ и использования концентрированных растворов кислот и щелочей. В других случаях происходит "привыкание" к условиям проведения эксперимента и к достаточно знакомым реактивам.

Следует обратить внимание студентов химического факультета на условия организации первичного восприятия обучения приемам техники безопасности и охраны труда у учащихся в ходе освоения простейших экспериментальных приемов: нагревания, фильтрования, взвешивания веществ и т. д.



Систематическое соблюдение правил по технике безопасности и охраны труда приучает к дисциплине и ответственности будущего специалиста-химика или учителя химии.

#### Список литературы

1. **Иванов В. П.** День профессиональной гордости // Химия и бизнес. — 2010. — 3 (107). — С. 17.
2. **Назарова Т. С., Грабецкий А. А., Алексинский В. Н.** Организация работы лаборанта в школьном кабинете химии: Кн. для учителя. — М.: Просвещение, 1984. — 160 с.
3. **Маршанова Г. Л.** Техника безопасности в школьной химической лаборатории: Сборник инструкций и рекомендаций. — М.: АРКТИ, 2002. — 80 с. (Метод. биб-ка)
4. **Петербургский А. В.** Основы агрохимии: Пособие для учителя. — М.: Просвещение, 1979. — 192 с.
5. **Полосин В. С., Прокопенко В. Г.** Практикум по методике преподавания химии. Учеб. Пособие для студентов пед. ин-тов по спец. № 2122 "Химия". 6-е изд., перераб. — М.: Просвещение, 1989. — 224 с.
6. **Практикум по методике обучения химии в средней школе:** учебное пособие для студентов педагогических вузов / П. И. Беспалов, Т. А. Боровских, М. Д. Трухина, Г. М. Чернотельская. — М.: Дрофа, 2007. — 222 с.
7. **Семенов А. С.** Охрана труда при обучении химии: пособие для студентов хим. и биол. фак. пед. ин-тов. — М.: Просвещение, 1986. — 160 с.
8. **Сорокин В. В., Злотников Э. Г.** Тесты по химии. — М.: Просвещение, 1997. — 223 с.
9. **Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 540100 Естественно-научное образование (квалификация (степень) "бакалавр")** // Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 31 января 2005 г. № 718 пед/бак.
10. **Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 540100 Естественно-научное образование (квалификация (степень) "магистр")** // Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 31 января 2005 г. № 719 пед/маг.
11. **Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 020100 Химия (квалификация (степень) "бакалавр")** // Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 мая 2010 г. № 531.
12. **Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 020100 Химия (квалификация (степень) "магистр")** // Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 20 мая 2010 г. № 547.
13. **Чертков И. Н., Жуков П. Н.** Химический эксперимент с малыми количествами реактивов. Кн. для учителя. — М.: Просвещение, 1989. — 191 с.

УДК 685.5

**С. Л. Пушенко**, д-р. техн. наук, проф., зав. кафедрой, Ростовский государственный строительный университет  
E-mail: slpushenko@yandex.ru

## Охрана труда — воспоминания о будущем

*Приводится критический анализ существующего состояния преподавания дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" в вузах России. Предлагаются пути сохранения педагогических кадров и повышения эффективности обучения в области безопасности.*

**Ключевые слова:** охрана труда, безопасность, обучение

**Pushenko S. L. Labour Safety — Memory on the Future**

*The critical analyses of the present situation of the "Labour safety" discipline teaching in Russian University is present. The ways for teaching staff safety and education affectivity in the field of safety is proposed.*

**Keywords:** labour safety, safety, education

### Введение

С сентября этого года вся педагогическая общественность начала работать в рамках нового федерального закона "Об образовании в Российской Федерации". Очевидно, реформы образования вообще и, в том числе в области безопасности, которые мы пережили в последние десятилетия, еще не закончились. В связи с этим хотелось бы выразить свое отношение только по одному вопросу — обучение студентов вузов вопросам безопасности. Уверен, что реакция на этот материал будет, мягко говоря, неоднозначной, но точно знаю, что многие коллеги готовы были бы "подписать" под ним. Разнообразие возможных реакций и мнений — хороший повод для конструктивного обсуждения принятия решений и их дальнейшей реализации.

## 1. Что было

Старшее поколение выпускников вузов, и не только технических, хорошо помнит, что одной из дисциплин учебного плана в те годы была "Охрана труда". Обычно на 4 курсе, достаточно большого объема, с лабораторными (практическими) работами, экзаменом, и конечно, с разделом "Охрана труда" в дипломных проектах. Как результат — во многих вузах в разное время были открыты кафедры с одноименным названием. В большей или меньшей степени кафедры были оснащены современным измерительным оборудованием и приборами, в том числе специальными стендами (комплексами) по исследуемым вредным производственным факторам.

Казалось, все было логично, хотя само понятие "охрана труда" некоторыми специалистами подвергалось критике, вероятно, справедливо. Но сейчас не хочется отвлекаться на терминологические противоречия. Они были и будут всегда.

Помимо охраны труда, студенты в неплохом объеме изучали и гражданскую оборону, и охрану окружающей среды, которые также входили в "федеральную компоненту" (в те годы дисциплин по выбору студента практически не было).

## 2. Что стало

Как был мудр древний китайский философ, развивший свое отношение к эпохе перемен! В начале 1990-х годов на фоне глобальных перемен в обществе по инициативе группы ученых (фамилии здесь и далее называть не будем) начались изменения и в учебном процессе вузов — появилась дисциплина "Безопасность жизнедеятельности" (БЖД), которая вобрала в себя три ранее самостоятельные дисциплины: "Охрана труда", "Охрана окружающей среды", "Защита населения и территорий в ЧС". Появились первые в "новой России" образовательные стандарты, в том числе по направлению безопасности, чего ранее не было. В вузах стала трансформироваться нагрузка, начали объединяться и переименовываться кафедры. Причем спектр названий кафедр был и остается достаточно широким. Некоторые из них — в вузах, где были открыты соответствующие специальности, стали выпускающими. Уменьшение нагрузки по дисциплине БЖД, по сравнению с суммарной нагрузкой по трем ранее отдельным дисциплинам, для выпускающих кафедр в какой-то мере компенсировалось нагрузкой по части общеобразовательных и специальных дисциплин для студентов открытых новых специальностей. Начались первые выпуски специалистов.

Казалось, все не так плохо. Так было и в Ростовском государственном строительном университете, но со своими особенностями, например, в разные годы были открыты специальности "Пожарная безопасность" (первыми из гражданских

вузов), "Инженерная защита окружающей среды", "Безопасность технологических процессов и производств", "Защита в чрезвычайных ситуациях". Как следствие, удалось организовать три выпускающие кафедры. Еще одной особенностью данного вуза можно считать понимание руководством вуза актуальности обучения студентов вопросам безопасности на фоне появившихся возможностей в части региональной и вузовской компонент учебного плана. Эта вторая особенность позволила в свое время фактически сохранить "традиции советских времен". Дисциплина БЖД в трех самостоятельных частях читается преподавателями "профильных" кафедр. Удалось сохранить в приемлемом объеме и раздел БЖД в выпускных квалификационных работах (ВКР).

А тут опять "революция"! Болонское соглашение, двухуровневая подготовка, направления подготовки, профили вместо специальностей, федеральные государственные стандарты по направлениям подготовки с "неограниченной свободой" для вузов в части формирования своих рабочих учебных планов.

Было бы несправедливым не отметить усилия УМС "Техносферная безопасность" УМО вузов по университетскому политехническому образованию и достигнутый ими результат в части включения дисциплины БЖД в перечень обязательных дисциплин по всем ФГОС. Однако этот успех все же носит локальный характер. Для многих направлений подготовки учебно-методическими комиссиями (УМК) вузов на БЖД стали выделять всего 2...3 зачетные единицы (2...3 аудиторных часа в неделю). И если бы не ограничение, принятое в ФГОС в части минимума 2 зачетных единиц на дисциплину, то многие УМК вузов определили бы для БЖД 1 зачетную единицу. Для них, к сожалению, не являлась весомым аргументом примерная программа дисциплины БЖД объемом 6 зачетных единиц, утвержденная "лишь" председателем УМО. Кроме всего прочего, БЖД стала попадать "без спроса, разрешения и согласования" на 1—2-й семестры, когда студенты совершенно не знакомы с технологическими дисциплинами, на которые, в том числе, БЖД должна опираться. Мы уже два года испытываем на себе "всю прелесть" БЖД на 1-м курсе и с трепетом ожидаем выполнения обещания УМК переместить ее на старшие курсы.

В университете для технических направлений подготовки удалось сохранить для трех частей БЖД 5—6 зачетных единиц, а для гуманитарных — 4 зачетные единицы. Конечно, было бы интересным для всех коллег увидеть полную картину по всем, в первую очередь, государственным вузам. Предложение собрать такую статистику (в том числе и по разделу БЖД в ВКР) до конца сентября было озвучено на заседании УМС в феврале этого года. Времени для этого было вполне достаточно. Но,



очевидно, это предложение, поддержанное многими участниками заседания, осталось без последствий. А жаль! Увидеть реальное состояние дел с БЖД в вузах страны было бы весьма интересным, а может быть, даже поучительным?

### 3. Ближайшие перспективы

С большой долей вероятности можно предположить, что уже в ближайшее время нам (кафедрам "Безопасность жизнедеятельности" во всем многообразии названий) будет нанесен "очередной удар". Это случится, как только УМК вузов "задумаются" о структуре ВКР для бакалавров, первый массовый выпуск которых будет в 2015 г. Хотелось бы ошибиться, но скоро мы станем свидетелями того, что для многих направлений подготовки мы "потеряем" раздел БЖД в ВКР, а там, где его удастся сохранить (надемся — для технических направлений подготовки), нагрузка упадет минимум в два раза.

Еще "один сюрприз" правительства — неожиданная и срочная модернизация ФГОС. Первоначальные сроки их утверждения (до 1 сентября 2013 г.) могут наступить раньше, чем этот материал будет опубликован. Проблема заключается в том, что в проектах уточненных ФГОС (по крайней мере, того, что удалось увидеть — проект ФГОС по направлению "Строительство") дисциплина БЖД в качестве обязательной вообще не упоминается. Хотя в уточненных компетенциях дважды упоминается "охрана труда", что вселяет определенный "оптимизм".

### 4. Как могло бы быть

Прекрасно понимаю, что писать в сослагательном формате дело неблагодарное, да и во многом бесполезное! Единственно, что оправдывает — это надежда на теоретическую возможность сделать правильные выводы и попробовать изменить ситуацию для "будущих поколений" студентов и наших последователей.

Со времени первой информации о "скором рождении БЖД" многими "скептиками" выражались (в том числе и публично), мягко говоря, "сомнения" в целесообразности такого "революционного" шага, до "основания разрушающего" то, что складывалось десятилетиями, в надежде на "светлое будущее". В те годы казалось достаточно реальным поднять "научно-педагогическое сообщество", использовать всю мощь и авторитет УМО, заручиться реальной и конкретной поддержкой федеральных министерств, "прогрессивных" СМИ и, с учетом неоспоримой актуальности обострившихся проблем, "всемирно" добиться включения в государственные стандарты для всех специальностей, а потом и в ФГОСы для всех направлений подготовки и специальностей, все-таки трех перечисленных выше самостоятельных дисциплин.

Опять же можно бесконечно дискутировать по поводу названий дисциплин, но сегодня это не главное. Главное, что и Трудовой кодекс РФ, и Градостроительный кодекс РФ, и Уголовный кодекс РФ, и другие федеральные законы, а также многие нормативно-правовые акты исторически использовали данную терминологию и могли служить "надежной опорой" для "продвижения" этих дисциплин в разряд обязательных. Можно припомнить еще и номенклатуру научных специальностей, и многое другое.

Специалистам в случае успеха этого "мероприятия" не составило бы труда развести дисциплины по семестрам, по целям, задачам, содержанию и т. п., которые максимально бы исключили "угрозу" повторного рассмотрения похожего материала в разных дисциплинах. Все прекрасно понимают, что это не было бы для нас проблемой! Хотя аргументация в пользу единой дисциплины — БЖД в свое время как раз и "эксплуатировала" эту тему.

### 5. Что же все-таки делать?

Не могу оценить уровень и глубину контактов нашего УМО с федеральными министерствами в настоящее время. Могу только предположить, что в прежние годы контакты были не очень результативными. А может быть, и задача такая не стояла? Но сейчас это уже не так важно.

Симптоматично, что первый заместитель Министра труда и социальной защиты РФ Вельямкин С. Ф. (специально, в этом случае, упоминаю фамилию "государственного человека" — как возможного "партнера") на семинаре-совещании в Нижнем Новгороде в конце июня 2013 г. на фоне всех существующих в России проблем в области охраны труда, в том числе, однозначно выразил готовность в оказании всяческой помощи в деле "продвижения" дисциплины "Охрана труда" в образовательные стандарты для вузов.

Таким был его ответ на вопрос: "Как Минтруд предполагает участвовать в реализации ст. 225 Трудового кодекса РФ, в которой прописано, что "государство содействует организации обучения по охране труда в образовательных учреждениях... среднего профессионального и высшего профессионального образования".

Мне кажется, что при желании аналогичную поддержку можно получить и в МЧС России и в Министерстве природных ресурсов и экологии РФ. А может быть, обратиться напрямую в правительство? Куда угодно! Использовать любые возможности, "связи", авторитеты. И желательно сделать это достаточно быстро — пока не пришло время утверждения уточненных ФГОС.

Если же мы по-прежнему будем "дискутировать" в рамках крыловской басни про "воз и ныне там", то и кафедры БЖД в ближайшие годы останутся лишь в наших воспоминаниях.

## **Специальная конференция по экологической безопасности и технологическим инновациям (Женева, 1—3 июля 2013 года)**

Конференция проходила в рамках ежегодной сессии Экономического и Социального совета (ЭКОСОС) Организации Объединенных Наций (ООН). На пленарном заседании сессии, которую открыл президент ЭКОСОС Нестор Осорио (Колумбия), с краткими приветствиями выступили Генеральный секретарь ООН Пан Ги Мун, председатель Генеральной Ассамблеи ООН Вик Джеремич, президент Швейцарской конфедерации Юли Маурер. С краткими речами на тему "Наука, технологии и инновации в продвижении устойчивого развития и реализации задач, сформулированных в Декларации Тысячелетия" (принята 8.09.2000 г. Генеральной Ассамблеей ООН) выступили Генеральный директор ЮНЕСКО Ирина Боккова, Генеральный секретарь Международного союза телекоммуникаций Туре, генеральный директор ЦЕРН Рольф-Дитер Хойер и другие высокопоставленные лица.

На ежегодной сессии ЭКОСОС обсуждались проблемы экологической безопасности и технологических инноваций. В ее работе принимала участие делегация из России во главе с президентом Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ) проф. О. Н. Русаком. МАНЭБ имеет статус консультативного члена ЭКОСОС и ассоциированного члена Департамента общественной информации ООН.

В подготовке и организации специальной конференции большую роль сыграла Международная организация сотрудничества по экономической безопасности (МОСЭБ) во главе с доктором Цзян Минцзюнем (руководителем Китайского отделения МАНЭБ), который в приветственной речи, говоря о тематике конференции, отметил, что ни одна страна, сталкиваясь с частыми стихийными и экологическими бедствиями, не может самостоятельно справиться с этими проблемами и что только путем международного сотрудничества, использования технологических инноваций, создания "зеленой" экономики и внедрения экологически чистой энергии можно эффективно справиться с экономическими кризисами и обеспечить устойчивое развитие. При этом он подчеркнул роль и важность экологической цивилизации, принцип которой заклю-

чается в уважении и охране экологической системы Земли, что подразумевает уделение особого внимания человеческому самосознанию и гармоничному сосуществованию людей и природы.

Экс-премьер-министр Непала К. Суйата в своем выступлении говорила о роли женщины в технологических инновациях, подкрепляя доклад примерами из опыта своей страны. Вице-президент ЭКОСОС Мартин Сайдик, основываясь на Итоговом документе Конференции ООН, состоявшейся 20—22 июня 2012 г. в Рио-де-Жанейро, "Будущее, которого мы хотим", призывал способствовать выполнению стратегии развития "зеленой" экономики в контексте устойчивого развития и ликвидации нищеты, учитывая, в частности, внедрение рациональных моделей потребления и производства; продолжение усилий по реализации комплексных, социально справедливых подходов к ликвидации нищеты и неравенства; рациональное использование природных ресурсов с меньшими отрицательными последствиями для окружающей среды; повышение эффективности использования ресурсов и уменьшение количества отходов.

Большой интерес у участников конференции вызвал доклад о необходимости создания глобального союза политических партий и гражданского общества для решения проблемы изменения климата, с которым выступил основатель и сопредседатель Союза азиатских политических партий, видный общественный деятель Жозе де Венеция из Филиппин. Со своими инновациями в области изменения климата и минимизации глобального потепления выступили: руководитель Федерации островных государств по экологии Хироши Мацузаки (Япония) с представлением устройства для улучшения условий сгорания в бензиновых двигателях и уменьшения потребления горючего и эмиссии углекислого газа в воздух; проф. Ву Чунью из Далянского университета (КНР) с новыми идеями по очистке воды; президент компании "Be Green Group" К. Чанасун с предложением высаживать быстрорастущие насаждения для улучшения биоты. Идею высадки гибрида садового шавеля, абсорбирующего углерод и выделяющего кислород, выдвинул Янг Ю из Пекина. Были представлены и другие



технологические инновации, улучшающие окружающую среду.

С докладом о научных основах экологической безопасности и неоднозначных версиях глобального потепления выступил проф. О. Н. Русак. Он подчеркнул серьезность последствий нарушения замкнутости глобальных биогеохимических круговоротов, ведущих к разрушению биосферы. Анализируя существующие концепции экологической безопасности, О. Н. Русак остановился кратко на техногенной (ресурсной) концепции, предполагающей решение возникающих экологических проблем чисто технологическими и организационными средствами, отметив, что в рамках этой концепции сформировалось современное направление конкретной природоохранной деятельности в России.

С тематикой конференции созвучна концепция коэволюции общества и природы, техносферы и биосферы, сформулированная академиком Н. Н. Моисеевым, которая предполагает использование экологизированных технологий. О. Н. Русак упомянул, что в России проф. В. Г. Горшковым разработана и обоснована концепция биотической регуляции окружающей среды, основанная на высокой степени замкнутости круговорота углерода, который нарушается безграничными потребностями человека и ограниченными возможностями природы. Поэтому человечество должно сменить систему ценностей, обратив основное

внимание на рост знаний и духовное совершенство. В этой проблеме большое значение имеют воспитание экологического сознания, культура и образование. В заключение выступления О. Н. Русак отметил, что для усиления роли науки в изучении окружающей среды необходимо беспрецедентно широкое объединение специалистов и открытая дискуссия, а не заикливание на "парниковом эффекте" и "потеплении климата".

Проф. К. Р. Малаян (Россия) привел данные анализа экологических проблем обращения с отходами, предложив для оздоровления окружающей среды комплексную концепцию обращения с ТБО, представив разработку Московского регионального отделения МАНЭБ, создавшего под руководством проф. Т. М. Золотарева проект мусороперерабатывающего завода.

Руководитель отдела неправительственных организаций ЭКОСОС ООН А. В. Абрамов подвел итоги конференции, по результатам которой было представлено Заявление под названием "Поощрение технологических инноваций в целях создания экологической цивилизации и достижения устойчивого развития".

**К. Р. Малаян,**  
*проф., Вице-президент МАНЭБ*  
**Я. О. Русак,**  
*Исполнительный директор МАНЭБ*  
*E-mail: rusak-maneb@mail.ru*

---

#### 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, Строминский пер., 4**

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

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

Дизайнер *Т. Н. Погорелова.*

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

Сдано в набор 01.08.13. Подписано в печать 09.09.13. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ BG1013.

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 "Авансд солюшнз".

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