



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

Редакционный совет:

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

И. о. главного редактора

ПРУСЕНКО Б. Е.

Зам. главного редактора

ПОЧТАРЕВА А. В.

Ответственный секретарь

ПРОНИН И. С.

Редакционная коллегия:

ГЕНДЕЛЬ Г. Л.
ГРУНИЧЕВ Н. С.
ИВАНОВ Н. И.
КАЛЕДИНА Н. О.
КАРНАУХ Н. Н.
КАРТАШОВ С. В.
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н.
КСЕНОФОНТОВ Б. С.
КУКУШКИН Ю. А.
МАСТРИКОВ Б. С.
МЕДВЕДЕВ В. Т.
НАЗАРОВ В. П.
ПАНАРИН В. М.
ПОЛАНДОВ Ю. Х.
ПОПОВ В. М.
РУСАК О. Н.
СИДОРОВ А. И.
ФРИДЛАНД С. В.
ЦХАДАЯ Н. Д.
ШВАРЦБУРГ Л. Э.

7(91)
2008

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА

- Шевченко Л. А. Пути снижения газовой опасности шахт при высоких нагрузках на очистной забой (нормативно-правовой аспект) 2
- Чумак А. А., Зайко Г. М., Гриценко Н. С. Особенности заболеваемости работников нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности и служащих АЗС 5
- Каравайков В. М., Смирнов И. С., Борзов В. П., Подкопаева Н. Р. Энергосбережение и производственный микроклимат. 8
- Асминин В. Ф., Мурзинов П. В. Улучшение шумовых характеристик питающего сопла пневмоконвейера 13

ОХРАНА ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ

- Ким И. Н., Штанько Т. И. О содержании ртути в рыбе и возможности ее снижения в готовой продукции 16

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Волохина А. Т., Иванова М. В., Прусенко Б. Е., Жданько И. М. Разработка автоматизированной системы оценки профессионально важных качеств операторов опасных производственных объектов и подбор методик для их улучшения. 20

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Ионова М. Ю. Исследование процесса сорбции нефтепродуктов из водных растворов в динамическом режиме. 28
- Рыбалкина Н. В., Киреева В. В. Изучение безвредности корма для животных, полученного нетрадиционным способом 31
- Тайсумов Х. А., Назаров В. П., Орехов В. А. Экологические аспекты применения стабилизаторов термостойкой пены системы "АЛИТ" с пенообразователями для тушения пожаров. 36
- Трунова И. Г., Элькин К. М., Тишков К. Н. Использование энерго- и ресурсосберегающей технологии при экстракции гуминовых веществ и тяжелых металлов из твердофазных смесей. 39

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

- Земляная Н. В., Ляхов В. Н., Надежкина А. А. Определение допустимых антропогенных нагрузок на морские акватории 42
- Лыткин А. С., Бегак О. Ю., Ивахнюк Г. К. Повышение эксплуатационных характеристик дизельного топлива для пожарной и аварийно-спасательной техники МЧС России в условиях чрезвычайной ситуации 47

ОБРАЗОВАНИЕ

- Блинов Л. Н. Экологическое образование в технических вузах для устойчивого развития России и ее безопасности 50

ИНФОРМАЦИЯ

- Международная конференция ПРОТЭК'08. 54

Приложение. Овчаренко А. Г., Раско С. Л. Электростатическая безопасность пожаро- и взрывоопасных производств

Журнал входит в "Перечень ведущих и рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук".

УДК 622.86(571.17)

Л. А. Шевченко, д-р техн. наук, проф.,
Кузбасский государственный технический университет, г. Кемерово

Пути снижения газовой опасности шахт при высоких нагрузках на очистной забой (нормативно-правовой аспект)

Обсуждается проблема повышения безопасности работ при подземной добыче угля в шахтах Кузбасса. Высокая аварийность в горной отрасли объективно обусловлена высокой газообильностью очистных забоев при интенсивной технологии угледобычи, так как угольные пласты с природной газоносностью более 20 м³/т перед выемкой не подвергаются дегазации. Резкое несоответствие между возможностями очистных комплексов и сдерживающим их высоким уровнем метановыделения ставит вопрос об обязательной предварительной дегазации угольных пластов до начала их разработки.

Кузнецкий угольный бассейн занимает особое место среди субъектов Российской Федерации по запасам различных минеральных ресурсов, среди которых главным является каменный уголь. Кузбасс обеспечивает более 60 % всей добычи угля в стране, в том числе более 80 % коксующихся углей. Предполагается увеличить производство угля в Кузбассе к 2020 г. до 270 млн т против 174 млн т в 2006 г. Это, в свою очередь, требует резкого повышения нагрузок на очистные забои шахт, что может быть реализовано путем внедрения высокопроизводительной выемочной техники, способной обеспечить суточную добычу до 10 000 т и более. В настоящее время многие шахты Кузбасса имеют один—два комплексно механизированных забоя, оборудованных крепью, комбайнами и конвейерами фирмы "Джой", способных перекрыть по производительности 10...12 очистных забоев с отечественными комплексами с предельной производительностью до 1000...1500 т в сутки. В связи с возросшими нагрузками на комплексно механизированные забои нового уровня наметилась тенденция увеличения длины лав до 300 м и более, а также протяженности выемочных полей по простиранию пласта до 4...6 км. При этом работы ведутся на глубине 400...500 м и более, где газоносность угольных пластов достигает 20...30 м³/т.

Вместе с тем внедрение высокопроизводительного оборудования без проведения предварительной дегазации угольных пластов привело к резкому увеличению выделения метана в горные выработки, что, в свою очередь, явилось серьезным препятст-

вием для эффективного использования зарубежной техники. Кроме того, увеличение длины выемочных полей по простиранию пласта нерационально с точки зрения безопасности, так как возрастает время выхода людей из забоя в случае аварии, которое может превысить срок действия самоспасателей, и затрудняется проветривание лавы. При этом надо иметь в виду, что практически все шахты в Кузбассе, обладающие горновыемочным оборудованием фирмы "Джой" или DBT, являются опасными по метану, по внезапным выбросам угля и газа и по горным ударам.

Сочетание двух вышеупомянутых факторов ставит перед инженерно-техническим персоналом шахт и учеными сложную задачу — обеспечить максимальную производительность очистных забоев, с одной стороны, и свести к минимуму лимитирующее влияние газового фактора, с другой. Единственным технически достижимым путем решения данной задачи является глубокая предварительная дегазация угольных пластов до начала их разработки, что, впрочем, находит широкое применение в практике основных угледобывающих стран мира, например в Австралии, где вопрос газового барьера практически снят.

На шахтах Кузбасса дегазация как угольных пластов, так и выработанных пространств до 1990 г. применялась достаточно широко, что давало определенный, хотя и недостаточный, эффект при той технологии, которая имела место в тот период и при тех темпах угледобычи. Недостаточность эффекта дегазации была обусловлена несовершенством нормативных документов того времени, в частности инструкции по дегазации угольных шахт, в которой закладывались параметры, не соответствующие конкретным газодинамическим характеристикам дегазируемого пласта и пространственной ориентации скважин. Эффективность дегазации при этом могла достигать максимум 8—10 %, что было явно недостаточно даже для тех объемов метановыделения, которые имели место в тот период, однако это не противоречило требованиям Правил безопасности в угольных шахтах как прежней, так и современной редакции (ПБ-618—03, § 278), поскольку в них не оговаривалось, насколько должна быть



снижена природная газоносность угля перед началом отработки пласта.

Сегодняшняя ситуация требует четкой регламентации конкретных значений остаточной газоносности угольных пластов на момент начала их разработки, которая может считаться достаточной в пределах 8...9 м³/т. В табл. 1 представлены данные по природной газоносности некоторых угольных пластов шахт Кузбасса, где применяется высокопроизводительное технологическое выемочное оборудование (по данным Управления Ростехнадзора по Кемеровской области).

Проанализировав данные табл. 1, можно заключить, что для достижения желаемых значений остаточной газоносности, гарантирующих газовую безопасность угольных шахт, необходимо достичь эффективности предварительной дегазации от 30 до 70 %. Эта сложная техническая задача может быть решена только при наличии парка станков направленного бурения и желания нести определенные

расходы со стороны собственников угольных компаний. В настоящее время в Кузбассе дегазация ведется только на 11 шахтах, в том числе на 22 выемочных и семи подготовительных участках. Комплексная дегазация, где дегазируется разрабатываемый пласт и выработанное пространство, применяется только на шахтах им. С. М. Кирова и "Чертинская-Коксовая", а ограждающая дегазация при проведении подготовительных выработок — только на шахте "Чертинская-Коксовая".

Количество метана, извлеченного с помощью дегазации из угольных пластов на шахтах Кузбасса, представлено в табл. 2. Из таблицы следует, что на восьми шахтах из десяти, где применяется дегазация, ее эффективность имеет довольно низкие значения, практически не способные повлиять на аэрогазовую ситуацию на участке и обеспечить высокую надежность и безопасность горных работ. При этом на оставшихся 49 шахтах Кузбасса дегазация практически не ведется вообще.

Окончательную точку в осознании ненормальности положения по данному фактору в угольной отрасли Кузбасса поставили две крупные аварии, происшедшие в марте и мае 2007 г. на шахтах "Ульяновская" (погибли 110 человек) и "Юбилейная" (погибли 39 человек), где общей причиной происшествия явился взрыв метановоздушной смеси в очистном забое с последующим развитием по сети горных выработок участка на значительной протяженности.

Детальный анализ причин двух вышеупомянутых аварий, как, впрочем, и всех других, подобных им, показывает, что за целым рядом нарушений, сознательно допускаемых работниками шахт и попадающих в разряд организационных, стоит главная техническая причина — отсутствие должной подготовки угольного пласта к высокоскоростной выемке, а именно его дегазации. Совершенно очевидно, что без дегазации угольных пластов подобные аварии будут происходить и в дальнейшем.

Таблица 2

Количество метана, извлекаемое с помощью дегазации на шахтах Кузбасса

Шахта	Добыча угля, тыс. т/год	Общее количество метана, выделившегося из различных источников, тыс. м ³ /год	Количество метана, извлеченного с помощью дегазации, тыс. м ³ /год	Доля от общего количества выделившегося метана, %
"Распадская"	8000	195 354	946	0,5
Им. С. М. Кирова	3700	143 693	58 841	40,9
"Есаульская"	1700	110 358	183	0,2
"Полысаевская"	2600	93 128	18 590	20,0
"Чертинская-Коксовая"	900	71 965	34 765	48,3
"Абашевская"	1000	60 546	1713	2,8
"Полосухинская"	3200	55 798	6291	11,3
"Комсомолец"	1900	50 773	6000	11,8
Им. Ленина	1900	50 015	31	0,1
"Первомайская"	900	22 095	262	1,2



В связи с этим Правительственная комиссия, расследовавшая последствия двух аварий, приняла решение о необходимости применять предварительную дегазацию угольных пластов до начала их разработки с таким расчетом, чтобы к моменту начала очистных работ природная газоносность составляла не более 9 м³/т. Шахты, не выполняющие данное требование, будут обязаны поддерживать нагрузки на лаву, обратно пропорциональные значениям абсолютной газообильности очистного забоя.

В связи с обострением ситуации с аварийностью в Кузбассе в 2007 г. резко активизировалась работа по разработке региональных нормативных актов, поскольку отраслевые нормативы федерального уровня не обеспечивают необходимой гарантии безопасности горных работ. Инициативной группой ученых и работников производства были разработаны проекты законов Кемеровской области "О промышленной безопасности угольных шахт", "Об усилении ответственности за нарушение условий безопасности и охраны труда в организациях угольной промышленности" и, что особенно важно, Инструкции по дегазации угольных шахт Кузбасса, Инструкции по борьбе с пылью и пылевзрывозащите на угольных шахтах Кузбасса, Инструкции по расчету количества воздуха для проветривания угольных шахт Кузбасса и других правовых и нормативных актов. Основные положения этих документов максимально приближены к горно-геологическим условиям Кузбасса, более полно учитывают тектонику месторождения, особенности залегания угольных пластов, их фильтрационные свойства (тензор газопроницаемости) и особенности формирования газового баланса выемочных участков, присущие каждой системе разработки, применяемой в Кузнецком угольном бассейне.

Подобный подход соответствует духу Федерального закона "О техническом регулировании" в части создания технических регламентов по конкретным технологическим процессам с максимальной гарантией безопасности.

С учетом вышеизложенного можно заключить, что при многократно возросших нагрузках на очистной забой необходимо принципиально изменить подходы к решению проблемы газовой опасности шахт. Этого можно достичь только путем обязательной предварительной дегазации угольных пластов на стадии подготовки месторождения к отработке на основе индивидуальных технических регламентов, с учетом способности массива к газоотдаче, а также возможности проходки дополнительных вентиля-

ционных выработок для проветривания очистных забоев с производительностью более 10 000 т/сут.

Безусловно, над всем этим должна стоять жесткая производственная дисциплина на всех уровнях управления предприятием, основанная на приоритете жизни и здоровья человека по отношению к результатам труда, которая, как показывает практика, зачастую приносится в жертву выполнению плана по добыче угля или проходке дополнительных метров подготовительной выработки.

Взаимное согласование этих двух диалектически противоположных интересов — нежелание собственника нести дополнительные расходы на дегазацию и другие мероприятия по созданию безопасных условий труда и желание рабочих выполнить план в условиях неполной гарантии безопасности и высокого риска и, соответственно, получить более высокую оплату, является исключительно функцией государства, которое несет полную ответственность за жизнь и здоровье своих граждан в процессе производственной деятельности независимо от формы собственности (статья 210 Трудового кодекса РФ).

В связи с этим вопрос "О состоянии нормативной базы и контроле над обеспечением безопасности в угольной отрасли" был рассмотрен в Совете Федерации Федерального собрания РФ. В постановлении, принятом по этому вопросу, дано поручение Правительству РФ провести инвентаризацию действующих нормативных документов, регламентирующих вопросы безопасности в угольной отрасли, и разработать ряд правовых и нормативных актов, в том числе:

- проект федерального закона об обеспечении безопасности работ в угольной отрасли;

- проект федерального закона о внесении изменений в Трудовой кодекс РФ в части регулирования особенностей труда шахтеров;

- проекты технических регламентов, устанавливающих требования к безопасности машин, механизмов, оборудования, средств индивидуальной защиты и защитных систем во взрывоопасных средах.

Как отмечалось выше, в Кузбассе данная работа начата еще до выхода Постановления Совета Федерации и активно ведется в настоящее время Фондом содействия Координационному Совету по развитию угольной промышленности, охране труда, промышленной и экологической безопасности в Кемеровской области с привлечением лучших специалистов учебных, научно-исследовательских и проектных институтов, а также работников угольных шахт.



УДК 616-9-02

А. А. Чумак, асп., **Г. М. Зайко**, д-р техн. наук, **Н. С. Гриценко**,
Кубанский государственный технологический университет (КубГТУ), г. Краснодар

Особенности заболеваемости работников нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности и служащих АЗС

Описаны основные токсиканты нефти и продукта ее переработки — бензина. Указаны механизмы и области поражения организма человека. Приведена статистика заболеваний работников нефтяной промышленности.

Предприятия нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности относятся к основным источникам загрязнения атмосферы, и на их долю приходится 15,5 % общих загрязнений [1]. Это оказывает губительное влияние на окружающую среду и на человека.

Статистика показывает, что среди заболеваний в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности 34,4 % занимают хронические интоксикации углеводородами, 17,2 % — хронические бронхиты и бронхиальная астма, 12,2 % — болезни органов двигательного аппарата и 11,2 % — вибрационная болезнь, около 5 % — профессиональные дерматозы и примерно 3 % — болезни ЛОР-органов [2, 3].

Длительный контакт с нефтью (добыча, разведка, транспортировка, работа на нефтеперерабатывающих предприятиях и др.) может привести к формированию хронической патологии с полисиндромными проявлениями заболевания, особенности которого связаны, прежде всего, с химическим составом нефти.

Сырая нефть представляет собой смесь органических соединений, состоящую из углеводородов (88 %), метановых, наftenовых и ароматических веществ, а также сернистых, азотистых, серных органических соединений и минеральных примесей [1–3]. Принимая во внимание возможную химическую патологию у лиц, во время работы контактирующих с нефтью, важно знать, что в современных условиях в балансе добываемых в нашей стране нефти и газа увеличивается доля сернистых (56,2 %) и многосернистых (13 %) нефтей, содержащих сероводород [2].

Для токсикологической характеристики нефти важно то, что она сама, ее пары, газы и продукты переработки обладают порой весьма высокой токсичностью. Особенности отравлений этими составляющими нефти зависят от характера поступления ядовитых веществ в организм, концентрации и качественного состава нефтепродуктов.

Основными токсическими веществами нефти для человека являются ароматические углеводороды (бензол, нафталин, фенантрен, антрацен, пирен, бензопирен и др.) и сернистые соединения нефти.

Высокое содержание в нефти ароматических углеводородов повышает вероятность развития хронической патологии, в основе которой лежит миелотоксическое (гематотоксическое) действие. Накопление ароматических углеводородов происходит в костном мозге длинных трубчатых костей, в жировой ткани. Окисление происходит в печени, в костном мозге и других органах. Основным метаболитом является фенол, кроме того, образуются полифенолы (гидрохинон, пирокатехин, оксигидрохинон), фенилмеркаптуровая и муконовые кислоты. В печени в деградации ароматических углеводородов принимает участие микросомальная монооксигеназная система.

Механизм поражения гемопоэза ароматическими углеводородами обычно связывают с продуктами их биотрансформации (фенолы, гидрохинон, полифенолы и др.). Именно метаболитам присущи цитотоксические эффекты.

Токсическое поражение гемопоэза происходит на уровне полипотентных стволовых клеток, при этом их количество в костном мозге и селезенке уменьшается. Вероятно, эти нарушения связаны с угнетением синтеза нуклеиновых кислот (главным образом ДНК), ведущим к снижению продукции клеток крови, их неполноценности, нарушениям в хромосомном аппарате клеток. В основе взаимодействия ароматических углеводородов и их метаболитов с нуклеиновыми кислотами лежат присущие им химические реакции электрофильного замещения.

Одним из основных патогенетических факторов токсического поражения кроветворения является угнетение пролиферации кровяных клеток в связи со снижением в них процессов окислительного фосфорелирования. Дефицит энергии приводит к нарушению биосинтетических процессов в кроветворных органах. Миелотоксическое действие ароматических углеводородов также связывают с инициацией метаболитами бензола процессов свободнорадикального окисления в клетке. Избыток перекисей липидов нарушает функционирование практически всех мембранных структур клетки. Присущий данной интоксикации "перекисный эффект" сближает ее с действием радиации на клетку.



Сернистые соединения нефти могут быть причиной острых и хронических отравлений. Наиболее опасным компонентом является сероводород, особенно неблагоприятно его сочетание с углеводородами. Сероводород — сильный нервно-паралитический яд. ПДК в воздухе рабочих помещений — 10 мг/м^3 , а среднесуточная в воздухе населенных пунктов — $0,008 \text{ мг/м}^3$. Индикатором на повышенное содержание сероводорода являются глаза (жжение, покраснение, опухлость век). Мгновенные отравления (быстрая потеря сознания и смерть) летучими соединениями из сернистой нефти возможны при концентрациях сероводорода $550...630 \text{ мг/м}^3$ и углеводородов — $15...20 \times 10^3 \text{ мг/м}^3$ [4, 5]. Основной токсический эффект сернистых соединений нефти выражается способностью оказывать раздражающее действие на слизистые оболочки дыхательных путей.

Для воздуха закрытых помещений соответствующих производств по переработке и хранению нефти очень характерно газовой-диффузное загрязнение комплексом токсичных веществ, состоящих из предельных и непредельных углеводородов, сероводорода, паров жирных кислот, фенола, ароматических углеводородов, иногда с примесью бензопирена [3, 4].

Нефти, содержащие мало ароматических углеводородов, действуют подобно смесям парафинов и нафтенных — их пары обладают наркотическим действием. Кроме того, они часто вызывают судорожный эффект.

На нефтяных промыслах, нефтеперерабатывающих заводах, при применении нефти для флотации руд, в качестве топлива, смазочного материала и т. п. возможны поражения кожи. Местное действие нефти чаще проявляется в виде транзиторных реакций раздражения, а иногда в виде умеренных обратимых воспалительных реакций. Как специфическую особенность можно отметить заболевание сальных желез (гиперсекреция, угнетение функций, нарушение химического состава кожного сала, сухость кожи, иногда фолликулярный гиперкератоз и т. п.) [4–6].

Нефтяные и природные газы выступают в качестве пневмотоксикантов. При этом их действие осуществляется на фоне значительного понижения концентрации кислорода в воздухе в результате его разжижения. Токсические эффекты дополняются выраженной способностью углеводородов оказывать раздражающее действие на слизистые оболочки дыхательных путей. Что касается метана, то при высоких концентрациях этого газа во вдыхаемом воздухе обычно наблюдаются признаки угнетения центральной нервной системы. Токсическое влияние природных (нефтяных) газов при неполном их сгорании в условиях дефицита кислорода может быть связано еще и с воздействием оксида углерода.

Действие газов разного происхождения практически является следствием комбинированного эф-

фекта компонентов газа, из которых наиболее токсичен сероводород H_2S .

Диоксид углерода CO_2 , образующийся при сгорании топлива, усваивается и преобразуется растениями в процессе фотосинтеза. Однако повышенное содержание CO_2 в атмосфере может привести к появлению слабости, головокружению, вызвать головную боль, повышенное кровяное давление, расстройство дыхания, сердцебиение, частый пульс, в больших концентрациях — наркотическое, раздражающее действие, общее угнетение, удушье. При высоком содержании CO_2 развивается картина гиперкапнии.

Оксид углерода CO — токсичный газ, вызывающий головную боль, головокружение, рвоту, одышку, замедленное дыхание, судорогу, смерть. Поэтому установлены жесткие ПДК в воздухе: рабочих помещений — 20 мг/м^3 , населенных пунктов — 3 мг/м^3 максимально разовая и 1 мг/м^3 среднесуточная. Оксид углерода CO , соединяясь с гемоглобином крови, образует карбоксигемоглобин COHb . Сродство гемоглобина с оксидом углерода примерно в 210 раз выше его сродства с кислородом. Процесс образования в крови COHb — обратимый. Оксид углерода CO после прекращения его вдыхания постепенно выделяется из организма, и кровь человека постепенно очищается от него наполовину за каждые 3...4 часа.

Диоксид серы SO_2 губительно влияет на здоровье человека, растительный и животный мир, разрушает различные материалы. ПДК в рабочей зоне — 10 мг/м^3 , максимально разовая — $0,03 \text{ мг/м}^3$, среднесуточная — $0,005 \text{ мг/м}^3$.

Оксиды азота оказывают значительное токсическое действие: оксид азота в больших концентрациях вызывает удушье, монооксид азота — слабость, головокружение, онемение конечностей; диоксид азота оказывает общетоксическое, раздражающее, аллергенное действие [7–11].

Бензин — это смесь углеводородов, имеющих температуру кипения $20...300^\circ\text{C}$, и антидетонационных присадок для улучшения их эксплуатационных свойств [1]. Токсичность бензинов различна в зависимости от природы нефти, характера ее переработки, углеводородного состава топлива. Обладая значительной летучестью, бензины легко проникают в организм через дыхательные пути.

Опасная для жизни концентрация паров бензина составляет $30...40 \text{ мг/л}$ при экспозиции 5...10 мин. Легкие отравления могут возникнуть при вдыхании паров бензина в концентрации $5...10 \text{ мг/л}$ в течение нескольких минут, а тяжелая интоксикация возникает при концентрациях паров бензина в воздухе $15...20 \text{ мг/л}$. Концентрации паров бензина более 40 мг/л могут вызывать мгновенные формы отравлений [6].

Токсическое действие бензинов — результат суммации вредного влияния алканов, циклоалканов,

ароматических углеводородов, входящих в их состав, а также вредных веществ добавляемых присадок.

Бензин обладает местным раздражающим и общим (резорбтивным) действием. Последнее носит четко выраженный нейротропный характер. Бензин, прежде всего, выступает как наркотик и действует аналогично метановым углеводородам и циклопарафинам, составляющим его основу. Токсический процесс, инициируемый физико-химическими реакциями, как правило, обусловлен растворением токсиканта в определенных средах (водной, липидной) клеток и тканей организма. Это, в свою очередь, ведет к изменениям свойств среды растворителя. В частности, неэлектролитное действие — это один из способов нарушений химическими агентами проведения нервных импульсов: будучи высоколипофильными соединениями, углеводороды бензинов, вероятно, способны оказывать мембраностабилизирующий эффект за счет насыщения липидного слоя мембран, что приводит к нарушению ионной проницаемости [5, 7, 8].

Помимо наркотического эффекта, бензины оказывают разностороннее негативное действие на функции нервной системы, что позволяет с полным правом считать их типичными нейротоксическими агентами. При такой интоксикации пораженными оказываются все отделы нервной системы: страдает высшая нервная деятельность, дезорганизуется работа вегетативной нервной системы, имеются четкие признаки поражения подкорково-волевых отделов. Есть достоверные данные о влиянии бензинов на функционирование холинергических структур: в результате снижения активности ацетилхолинэстеразы под влиянием бензинов нарастает содержание ацетилхолина и регистрируется возбуждение парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

При постоянном воздействии бензина, длительном пребывании в атмосфере небольших концентраций паров чаще всего наблюдаются функциональные нарушения сердечно-сосудистой системы. Встречаются нерезко выраженные признаки гепатопатии; часто выявляются заболевания желудка и двенадцатиперстной кишки (в том числе язвенная болезнь), что подтверждается эндоскопическим и рентгенологическим исследованиями. Описано нарушение жирового обмена по атерогенному типу. В крови отмечаются умеренная гипохромная анемия лейкопения с относительным лимфоцитозом [5, 6].

При попадании на кожу бензин быстро испаряется, и кожа при этом белеет из-за обезжиривания. Лишенная жира кожа становится сухой, трескается, через трещины может проникать инфекция, вызывая нагноение [5, 7, 8].

Хронологически первым и до сих пор существующим техническим приемом повышения октанового числа является введение в бензин свинецсодержа-

щей присадки, главным компонентом которой является очень токсичный тетраэтилсвинец (ТЭС). Токсичность ТЭС заставила резко ограничить применение такой присадки и перейти на другие технические приемы, с тем чтобы в будущем отказаться от ТЭС. Однако свинецсодержащие присадки позволяют ограничиться меньшими требованиями к углеводородному составу бензинов и тем самым благоприятно повлиять на технико-экономические показатели топлив. Основной путь поступления свинца в организм — ингаляционный, при этом около 35...60 % свинца задерживается в легких [9—12].

Поглощенный свинец поступает в кровь и распределяется в органах и тканях в зависимости от их кровоснабжения и тропности к металлу. Естественное содержание свинца в крови варьирует от 0,8 до 40 мкг/100 мл крови. В организме свинец находится в обмениваемой и стабильной фракциях. Обмениваемая часть находится в крови: 95 % свинца связано с эритроцитами крови, клетками печени, почек и других органов. Необмениваемая часть накапливается в скелете. Количество содержания свинца в крови свидетельствует о текущем воздействии, в то время как наличие его в костях — о прошлом поступлении свинца.

Выведение свинца из организма происходит главным образом с мочой (75...80 %) и в меньшей степени через желудочно-кишечный тракт (15 %).

Свинец — яд политропного действия. Однако ведущим является инактивация ферментов вследствие связывания свинцом сульфгидрильных групп активных центров энзимов [9—12].

Процесс накопления свинца в организме связан с вытеснением кальция из костной ткани и из тканей внутренних органов, а также с выведением его из крови. Накопление свинца в крови и тканях внутренних органов сопровождалось нарушением физиологических механизмов поддержки гомеостаза, чем объясняется иммунотоксическое действие свинца [13—16].

Список литературы

1. Белов П. С., Голубева И. А., Низова С. А. Экология производства химических продуктов из углеводородов нефти и газа: Учебник для вузов. — М.: Химия, 1991. — 256 с.
2. Ахметов В. М. Динамика профессиональной заболеваемости в нефтяной, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности за 40 лет // Медицина труда и промышленная экология. — 2002. — № 5. — С. 9—13.
3. Гимранова Г. Г. Оценка состояния здоровья рабочих нефтедобывающей отрасли и вопросы первичной профилактики // Медицина труда и промышленная экология. — 2002. — № 5. — С. 13—16.
4. Мановян А. К. Технология первичной переработки нефти и газа: Уч. пос. для вузов. 2-е изд. — М.: Химия, 2001. — 568 с.
5. Нефтепродукты: Серия "Токсикология для врачей" / Н. Ф. Маркизова, А. Н. Гребенюк, В. А. Баширин, Т. Н. Преображенская. — СПб.: ООО "Издательство ФОЛИАНТ", 2004. — 128 с.
6. Техногенное загрязнение природных вод углеводородами и его экологические последствия / В. М. Гольдберг, В. П. Зверев, А. И. Арбузов и др. — М.: Наука, 2001. — 125 с.



7. **Богоявленский В. Ф., Богоявленский И. Ф.** Острые отравления: Диагностика и доврачебная помощь. — СПб.: Гиппократ, 1999. — 160 с.
8. **Руководство** по профессиональным заболеваниям. Т. 1 и 2 / Под ред. Н. Ф. Измерова. — М.: Медицина, 1983.
9. **Трушкина Л. Ю., Трушкин А. Г., Демьянова Л. М.** Общая гигиена с основами экологии человека: Уч. пос. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. — 416 с.
10. **Пивоваров Ю. П., Королик В. В., Зиневич Л. С.** Гигиена и основы экологии человека: Уч. пос. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2002. — 512 с.
11. **Вредные вещества** в промышленности: Справочник. Т. 1. — М.: Химия, 1976.
12. **Мусийчук Ю. И., Ивин Б. А.** Вредные химические вещества. Т. 7. / Под ред. В. А. Филова. — Санкт-Петербург, 1998.

13. **Ленинджер А.** Биохимия. Пер. с англ. М., 1974.
14. **Шакиров Д. Ф.** Состояние свободно-радикального окисления у рабочих нефтеперерабатывающей промышленности // Медицина труда и промышленная экология. — 2001. — № 1. — С. 10–14.
15. **Свинец** и его действие на организм (обзор литературы) / И. А. Корбаков, Н. С. Сорокина, Н. Н. Молодкина и др. // Медицина труда и промышленная экология. — 2001. — № 5. — С. 29–33.
16. **Зависимость** изменения иммунных и биохимических механизмов поддержания гомеостаза от материальной коммунции свинца в организме / Ю. И. Кундиев, В. А. Стежка, Н. Н. Дмитруха и др. // Медицина труда и промышленная экология. — 2001. — № 5. — С. 11–17.

УДК 620.9:621.314

В. М. Каравайков, д-р техн. наук, проф., **И. С. Смирнов**, канд. техн. наук,
Костромской государственный технологический университет,
В. П. Борзов, канд. техн. наук,
Костромская государственная сельскохозяйственная академия,
Н. Р. Подкопаева, канд. экон. наук,
Департамент ТЭК и тарифной политики Администрации Костромской области

Энергосбережение и производственный климат

Рассмотрена эффективность влияния энергосберегающих мероприятий на параметры производственного микроклимата в зоне обслуживания установки для сушки пряжи с использованием методики мониторинга и проектирования производственного микроклимата на основе моделирования пространственного нестационарного температурного поля и с учетом показателей теплового состояния человека.

Для характеристики процесса и результата теплового взаимодействия организма человека с окружающей средой используется термин "Тепловое состояние" [1], который означает физиологический статус организма, отражающий результат его взаимодействия с климатическими условиями внешней среды и характеризующийся определенными уровнями теплосодержания, напряжения механизмов терморегуляции и теплоощущений.

В условиях производства, где технологический процесс основан на термической обработке сырьевого материала, особое влияние на производственный микроклимат оказывает воздействие высокой температуры воздуха, его влажности и движения, а также излучения от нагретого оборудования, изделий и материалов. Совокупность этих факторов рабочей среды составляет понятие "производственный микроклимат", зависящий от сезонных колебаний метеорологических показателей внешней атмосферы и состояния санитарно-технических средств

борьбы с избыточными тепловыделениями. К числу производств, на которых может возникать неблагоприятный "производственный микроклимат", относятся и производства текстильной промышленности.

Показателями, характеризующими микроклимат, являются [2, 3]:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового излучения.

Согласно ГОСТ 12.0.003—74 [4] повышенную или пониженную температуру поверхностей оборудования, материалов, температуру воздуха рабочей зоны по природе действия относят к физически опасным и вредным факторам.

На сегодняшний день существуют методы и алгоритмы, позволяющие определить степень комфортности человека, но они основаны на непосредственном измерении физиологических параметров его организма.

При анализе проектирования систем, организующих микроклимат в рабочей зоне, выяснилось, что не производится оценка распределения температурных полей в трехмерном пространстве в зависимости от источников теплоты, их геометрического расположения, наличия пространства рабочей зоны, тепловых потерь. Решения по распределению температурных полей осуществляются с рядом допущений: ограничивается область исследования — чаще всего это одномерное пространство, изменение физических параметров среды в зависимости от температуры и т. д.

Нестационарное температурное поле описывается уравнением в общем виде

$$t = f(x, y, z, \tau). \quad (1)$$

Для того чтобы аналитически определить поля температур, скоростей и определить плотность теплового потока, необходимо располагать соответствующими уравнениями.

Дифференциальное уравнение (уравнение энергии), описывающее температурное поле в движущейся жидкости [5], выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{\partial t}{\partial \tau} + \omega_x \frac{\partial t}{\partial x} + \omega_y \frac{\partial t}{\partial y} + \omega_z \frac{\partial t}{\partial z} = \\ = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right) + \frac{q_V}{\rho c_p}, \end{aligned} \quad (2)$$

где t — температура жидкости; τ — время; ω — скорость движения жидкости; x, y, z — пространственные координаты; a — коэффициент температуропроводности; q_V — объемная плотность потока теплоты от внутреннего источника; ρ — плотность жидкости; c_p — массовая изобарная теплоемкость.

Чтобы сделать систему уравнений замкнутой, необходимо добавить уравнения, которые бы описывали изменение скорости во времени и пространстве. Такими уравнениями являются дифференциальные уравнения движения. В общем случае трехмерного движения жидкости скоростное поле описывается тремя уравнениями движения — уравнениями Навье—Стокса [5]:

для оси Ox

$$\rho \frac{d\omega_x}{d\tau} = \rho g_x - \frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left(\frac{\partial^2 \omega_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \omega_x}{\partial z^2} \right); \quad (3)$$

для оси Oy

$$\rho \frac{d\omega_y}{d\tau} = \rho g_y - \frac{\partial p}{\partial y} + \mu \left(\frac{\partial^2 \omega_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \omega_y}{\partial z^2} \right); \quad (4)$$

для оси Oz

$$\rho \frac{d\omega_z}{d\tau} = \rho g_z - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 \omega_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \omega_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \omega_z}{\partial z^2} \right), \quad (5)$$

где g — ускорение силы тяжести; μ — коэффициент динамической вязкости.

Уравнения (4—6) получены без учета зависимости плотности от температуры. В то же время свободное движение жидкости определяется разностью плотностей холодных и нагретых частиц жидкости. Поэтому дополнительно необходимо учитывать изменение массы жидкости, которая обусловлена изменением плотности жидкости, т. е. необходимо добавить еще одно уравнение — уравнение неразрывности потока.

Все перечисленные выше дифференциальные уравнения конвективного теплообмена описывают

бесчисленное множество конкретных процессов. Чтобы выделить рассматриваемый процесс и определить его однозначно, к системе дифференциальных уравнений нужно присоединить условия однозначности.

В общем случае найти аналитическое решение системы весьма затруднительно. Применение численных методов расширяет возможности аналитических способов решения. Однако те и другие требуют одинаковых краевых условий, которые в реальных процессах тепло- и массообмена, как правило, представлены не полностью. Физический процесс полностью описывается некоторой системой уравнений и присоединенных к ним краевых условий только в том случае, когда эта система замкнута. Считают, что уравнения движения и неразрывности допускают автономное решение, так как в совокупности со своими краевыми условиями они составляют замкнутую систему.

Предлагается методология, разработанная на основе системотехнического подхода к решению проблемы определения температурного поля и степени комфортности организма человека. В данной методологии приводятся во взаимосвязь информационные технологии и критерии оценки теплового состояния организма человека в условиях повышенных температур.

Расчет распределения температурных полей основан на методе конечных элементов, на идее аппроксимации непрерывной функции (в физической интерпретации — температуры, давления, перемещения и т. д.) дискретной моделью, которая строится на множестве кусочно-непрерывных функций, определенных на конечном числе подобластей, называемых конечными элементами. Исследуемая геометрическая область разбивается на элементы таким образом, чтобы на каждом из них неизвестная функция аппроксимировалась пробной функцией (как правило, полиномом). Причем эти пробные функции должны удовлетворять граничным условиям непрерывности, совпадающим с граничными условиями, налагаемыми самой задачей. Выбор для каждого элемента аппроксимирующей функции будет определять соответствующий тип элемента.

Из-за сложности определения динамического изменения температурных полей в данной методологии используется пакет программ инженерных расчетов STAR-CD. Программа позволяет рассчитать и наглядно демонстрирует изменение температурных полей во времени под воздействием заданного источника нагрева.

На первом этапе геометрически задается предмет исследования. После задания области тела дается задание количества элементов, на которые происходит деление тела. На следующем этапе происходит ввод граничных условий для данного случая. Граничные условия задаются для проведения анализа кинетики тепловых полей, к ним относятся место ввода или отвода теплоты. Для анализа изменения

тепловых полей во времени задаются временной интервал и количество расчетов. Вывод результатов представляется в виде графического цветового поля. Распределение теплового поля по заданной области отображается соответствием цвета определенной температуре. Таким образом, снижение температуры по мере удаления от источника нагрева представляется в виде градиента, переходящего от воспринимаемых теплыми красно-желтых цветов до "холодных" сине-зеленых. Также возможно построение графиков значений температур для точек произвольной линии, проведенной по форме тела.

В результате получаем картину объемного распределения температурных полей и полей скоростей. Температурное поле рассматривается в вертикальном и горизонтальном сечениях, и определяются средние колебания температур по вертикали и горизонтали. Результаты расчетов сравниваются с нормативными показателями.

Далее производится оценка воздействия повышенных тепловых избытков в рабочей зоне по следующим показателям теплового состояния человека [1, 6, 7]: температура тела, средняя температура тела, изменение теплосодержания организма, индекс средней температуры тела.

По результатам расчета данных показателей в условиях повышенных температур производится оценка теплового состояния организма человека [8, 9] и делается вывод об условиях труда.

На основании полученных результатов принимается управляющее решение о проведении организационно-технических или конструктивных мероприятий, направленных на создание оптимальных условий труда в рабочей зоне. Эти мероприятия одновременно являются и энергосберегающими.

Приведем пример моделирования теплового режима рабочей зоны обслуживания машины СП8-2Л, предназначенной для сушки текстильных паковок.

Результаты экспериментальных производственных исследований показали наличие больших необоснованных потерь теплоты от сушильного оборудования прядельного цеха. Для снижения потерь теплоты рекомендовано выполнение ряда энергосберегающих мероприятий. Для дополнительной аргументации необходимости выполнения этих мероприятий, кроме экономической, была оценена их экологическая эффективность.

Исследования теплового режима рабочей зоны проводились в следующей последовательности.

1. Строится геометрическая модель рабочей зоны обслуживания сушильных установок СП8-2Л для сушки пряжи с соблюдением масштаба.

2. Производится вычитание из общего объема помещения объемов технологического оборудования, систем приточно-вытяжной вентиляции. Определяется расчетная область температурного поля.

3. В качестве граничных условий — по результатам приборного обследования — задаются температуры на поверхностях технологического оборудования, температуры и скорости воздуха в приточно-вытяжных системах вентиляции.

4. Осуществляется построение геометрической сетки для дальнейшего расчета основных систем уравнений в узловых точках рассматриваемого объема.

5. Производится расчет температурного поля и поля скоростей воздуха при условиях открытия створок сушильной установки для выгрузки высушенной пряжи и фактических температур на поверхностях машины.

Результаты расчетов по различным сечениям представлены на рис. 1—8 (температурные шкалы на рис. 3, 5, 7 даны в градусах Цельсия).

Геометрическая модель для исследования температурных полей в рабочей зоне приведена на рис. 1. Сечения вдоль сушильной установки, за выгруженными тележками и поперечное сечение цеха даны на рис. 2, 4 и 6, а их температурные поля — соответственно на рис. 3, 5 (см. 2-ю стр. обложки) и 7

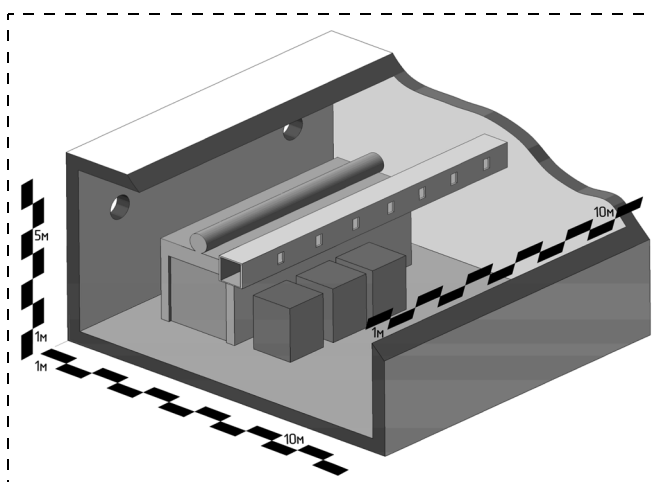


Рис. 1. Геометрическая модель для исследования температурных полей в рабочей зоне

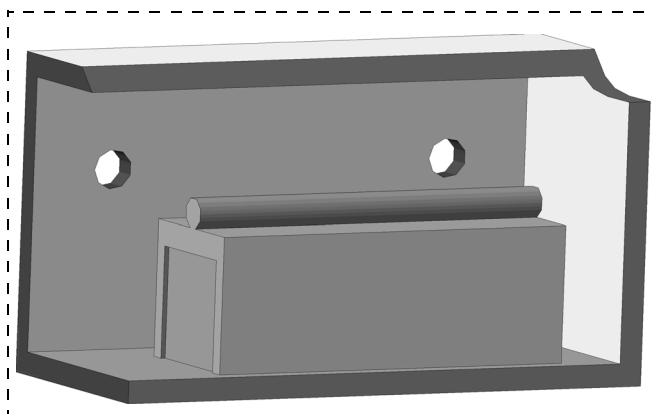


Рис. 2. Сечение вдоль сушильной установки СП8-2Л

(см. 3-ю стр. обложки). На рис. 8 (см. 3-ю стр. обложки) показано поле скоростей подвижности воздушной массы в поперечном сечении.

6. Определяется изменение температуры в вертикальном и горизонтальном сечениях. Температурное поле рассматривается в вертикальном и горизонтальном сечениях, и определяются средние колебания температур по вертикали и горизонтали (рис. 9, 10).

Из анализа температур при выгрузке тележек из сушильных установок и фактических температур на ее поверхности и сопоставления их с нормативными значениями по ГОСТ 12.1.005—88 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" можно сделать следующие выводы:

1) температура воздуха в рабочей зоне выше допускаемой нормативами;

2) колебания температуры воздуха как по вертикальной, так и по горизонтальной поверхностям превышают нормативно установленные значения;

3) подвижность воздушных масс лежит в пределах норм.

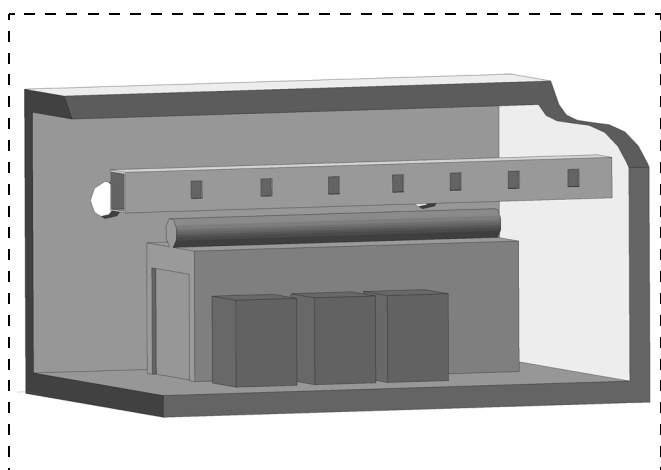


Рис. 4. Сечение вдоль сушильной установки за выгруженными тележками с высушенной пряжей

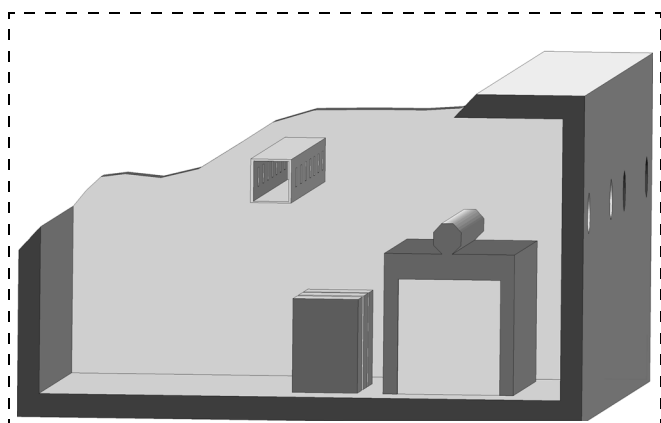


Рис. 6. Поперечное сечение цеха

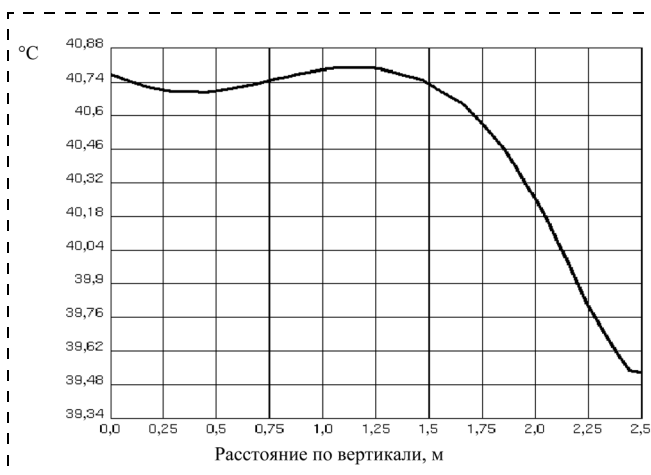


Рис. 9. Изменение температуры в вертикальной плоскости при выгрузке тележек

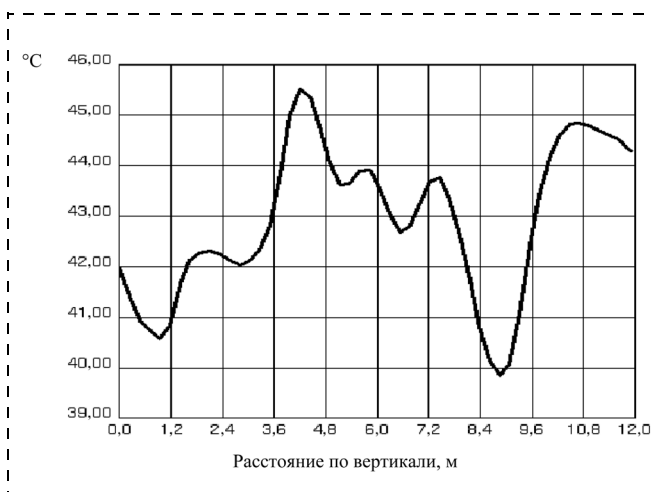


Рис. 10. Изменение температуры в горизонтальной плоскости при выгрузке тележек

Далее оценим тепловое состояние организма человека, работающего в данных условиях. Результаты расчета параметров теплового состояния по методикам, приведенным в [8, 9], представлены в таблице.

По данным таблицы можно сделать вывод о том, что организм находится в условиях перегрева.

Для создания условий оптимального теплового режима рабочей зоны необходимо выполнить ряд мероприятий, являющихся и энергосберегающими:

1) изолировать тепловые поверхности для достижения нормативных температур на поверхно-

Результаты расчета параметров теплового состояния

Температура тела, °C	Средняя температура тела, °C	Изменения теплосодержания, кДж	Индекс средней температуры
37,92	37,1	273,04	0,77

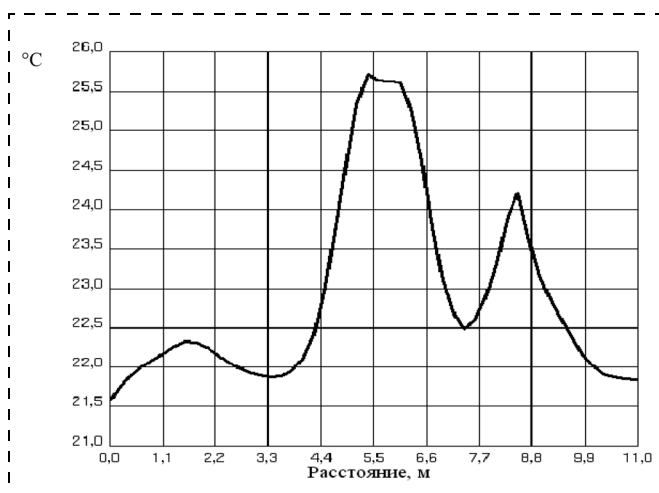


Рис. 13. График колебания температуры воздуха рабочей зоны по горизонтали в поперечном сечении

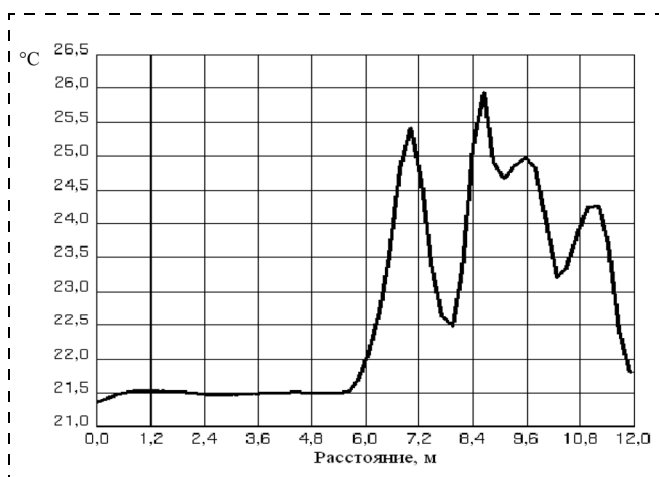


Рис. 14. График колебания температуры воздуха рабочей зоны по горизонтали в продольном сечении

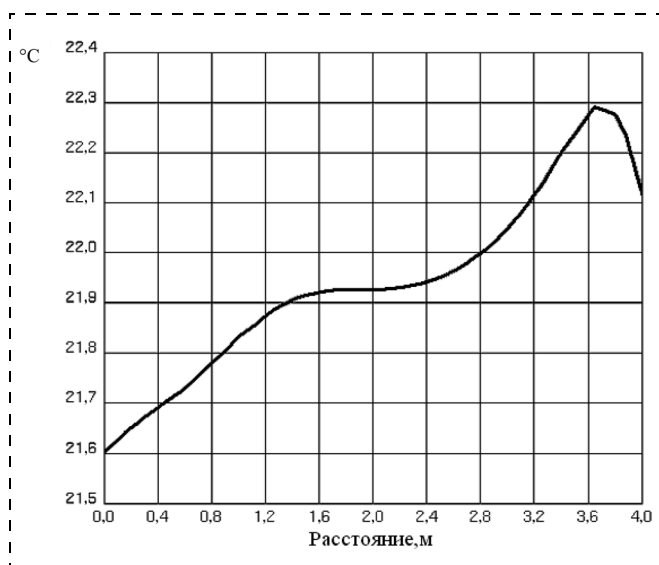


Рис. 15. График колебания температуры воздуха рабочей зоны по вертикали в продольном сечении

стях технологического оборудования; температура на поверхности не должна превышать 45 °С;

2) в местах выгрузки и загрузки организовать вытяжную вентиляцию для удаления тепловых избытков.

Определим параметры микроклимата после проведения указанных организационно-технических мероприятий. Температурные поля (в градусах Цельсия) в новых условиях представлены на рис. 11, 12 (см. 4-ю стр. обложки). Среднее колебание температуры в горизонтальной и вертикальной плоскостях показано на графиках (рис. 13, 14, 15).

По результатам расчета можно сделать приведенные ниже выводы.

1. После внедрения энергосберегающих мероприятий, а именно установки системы вытяжной вентиляции над местами загрузки и выгрузки тележек с пряжей, снижения температур поверхностей сушильной установки СП8-2Л за счет применения тепловой изоляции, температура в рабочей зоне снизилась с 36 до 22 °С.

2. Колебания температуры рабочей зоны в вертикальной плоскости составляют от 21,6 до 22 °С; в горизонтальной плоскости — от 21,5 до 25 °С, что соответствует параметрам нормированного колебания температуры в горизонтальной и вертикальной плоскостях согласно ГОСТ 12.1.005—88 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны".

3. Подвижность воздуха также отвечает требованиям ГОСТ 12.1.005—88 и составляет 0,152...0,4 м/с.

Список литературы

1. **Воздействия** на организм человека опасных и вредных экологических факторов. Метрологические аспекты. В 2 томах / Под ред. Л. К. Исаева. Том II. — М.: ПАИМС, 1997. — 496 с.
2. **Гигиенические** требования к микроклимату производственных помещений: Санитарные правила и нормы. — М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.
3. **ГОСТ 12.1.005—88** "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны".
4. **ГОСТ 12.0.003—74** ССБТ "Опасные и вредные производственные факторы. Классификация".
5. **Исаченко В. П., Осипова В. А., Сукомел А. С.** Теплопередача: Учебник для вузов. — М.: Энергия, 1975. — 488 с.
6. **Афанасьева Р. Ф., Репин Г. Н., Басаргина Л. А.** Оценка теплового состояния организма с целью обоснования оптимальных и допустимых параметров производственного микроклимата: Методические указания. — М.: МЗ СССР, 1983. — 11 с.
7. **Гигиенические** критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Утверждены Госкомсанэпиднадзором России 12.07.94. Р2.2.013—94.
8. **Салазкин В. И., Малкиман И. И., Заратуйченко И. К., Карпов В. В.** Критерий классификации теплового состояния человека: Физиология экстремальных состояний и индивидуальная защита человека. — М., 1982. — С. 163—164.
9. **Скляников В. П., Афанасьева Р. Ф., Машкова Е. Н.** Гигиеническая оценка материалов для одежды. — М.: Легпромбытиздат, 1985. — 144 с.

УДК 621.867:674.0

В. Ф. Асминин, д-р техн. наук, проф., **П. В. Мурзинов**,
Воронежская государственная лесотехническая академия

Улучшение шумовых характеристик питающего сопла пневмоконвейера

Рассмотрен пневмоконвейер со струйным управлением, основанным на эффекте Коанда. Показаны результаты экспериментального исследования снижения уровня шума при использовании в конструкции питающего сопла профилированной отклоняющей стенки.

Процессы транспортирования различных изделий, заготовок, контейнеров, приспособлений и т. п. являются обязательным компонентом производства. Аппаратурное оформление этих процессов постоянно совершенствуется. При этом создание новых видов производственных систем транспортирования наряду с улучшением технических характеристик может обеспечить получение положительного эффекта в вопросах охраны труда и защиты окружающей среды [1].

Среди существующих систем транспортирования выделяются системы транспортирования штучных грузов на воздушной подушке, так называемые пневмоконвейеры [2], положительными свойствами которых являются высокая производительность, простота конструкции, отсутствие механических подвижных элементов, взрывопожаробезопасность, достаточно гибкая пространственная конфигурация [3].

В Воронежской государственной лесотехнической академии разработана конструкция пневмоконвейера с автоматическим управлением струйными потоками (рис. 1), основным элементом которой является питающее сопло [4]. Пневмоконвейер обеспечивает автоматическое переключение воздушных струйных потоков в зависимости от наличия или отсутствия транспортируемых изделий на его несущей поверхности. Уровень аэродинамического шума в этом пневмоконвейере при отсутствии транспортируемых изделий достаточно низок за счет скрывания воздушных струйных потоков внутри конструкции.

Питающее сопло (рис. 2) пневмоконвейера включает канал выходного отверстия 1, канал управления 2, пневмокамеру 3, приемную камеру 4, соосно расположенные сопло 5 и приемное отверстие 6. Около сопла 5 располагается короткая отклоняющая стенка 7. Питающее сопло устанавливается в несущей поверхности 8, по которой осуществляется перемещение транспортируемых изделий 9. Несущая поверхность 8 устанавливается на опорных стойках 10. На рис. 2 стрелками обозначено направление движения воздушных потоков.

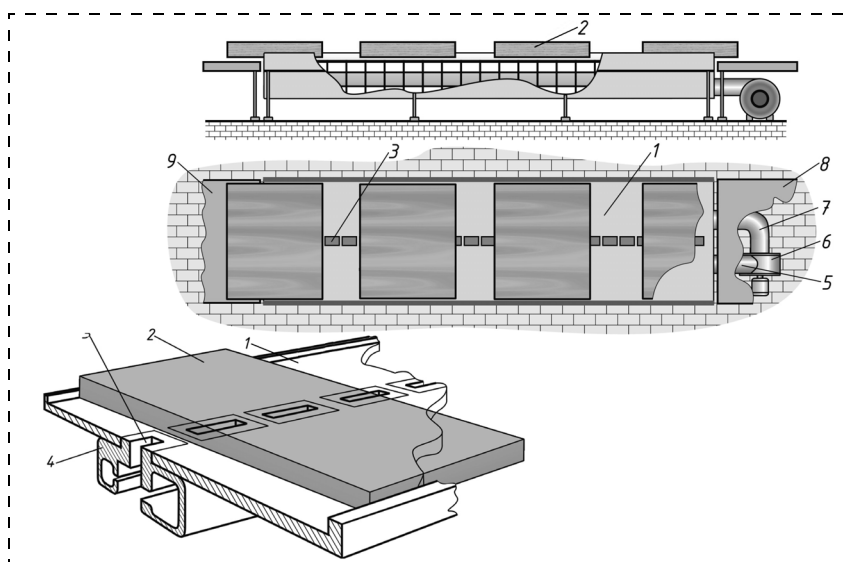


Рис. 1. Пневмоконвейер с автоматическим управлением струйными потоками:
1 — несущая поверхность; 2 — транспортируемое изделие; 3 — выходное отверстие; 4 — питающее сопло; 5 — нагнетательный патрубок газодувки; 6 — газодувка; 7 — всасывающий патрубок; 8, 9 — участки технологических операций

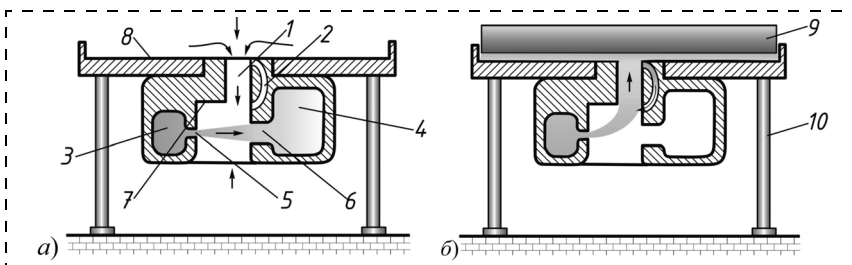


Рис. 2. Сечение несущей поверхности пневмоконвейера и питающего сопла:
а — режим "отсутствие транспортируемых изделий"; б — режим "создание воздушной подушки"; 1 — канал выходного отверстия питающего сопла; 2 — канал управления; 3 — пневмокамера; 4 — приемная камера; 5 — сопло; 6 — приемное отверстие; 7 — короткая отклоняющая стенка; 8 — несущая поверхность; 9 — транспортируемое изделие; 10 — опорная стойка



Устройство работает следующим образом. В пневмокамере 3 создается избыточное давление. Сопло 5 формирует плоскую воздушную струю. При отсутствии транспортируемого изделия над выходным отверстием 1 питающее сопло пневмоконвейера будет находиться в режиме "отсутствие транспортируемых изделий" (рис. 2, а). Такое положение струи будет сохраняться до тех пор, пока выходное отверстие 1 не будет перекрыто опорной поверхностью транс-

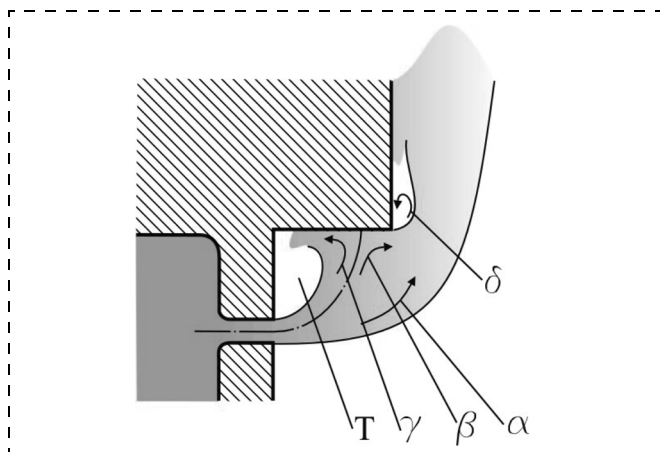


Рис. 3. Фрагмент питающего сопла в режиме "создание воздушной подушки":

α — направление основного потока струи; β — вторичный поток на отклоняющей короткой стенке; γ — эжектируемый поток; δ — зона дополнительной макротурбулентности; Т — область пониженного давления

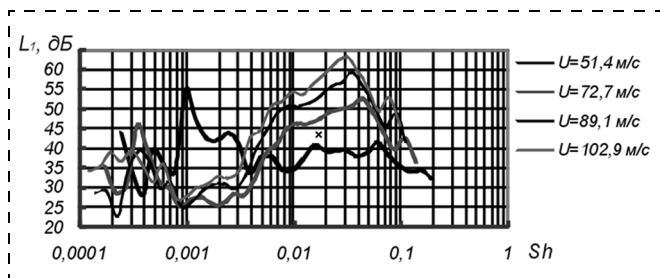


Рис. 4. 1/3-октавный спектр УЗД струйного потока, отклоняемого

прямолинейной короткой стенкой. $Sh = \frac{d}{U}f$ — число Струхала,

где d — диаметр внутреннего канала сопла; f — частота 1/3-октавной полосы; U — средняя скорость воздуха на срезе сопла

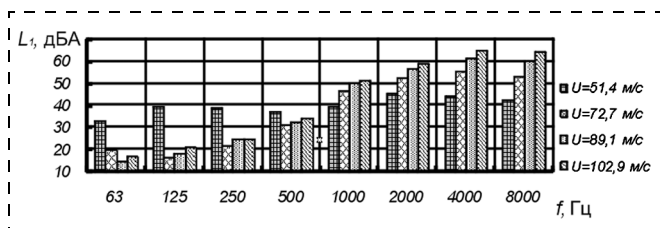


Рис. 5. Уровень звука в октавных полосах струйного потока, отклоняемого прямолинейной короткой стенкой. Диаметр внутреннего канала сопла $d = 0,0005$ м. U — средняя скорость воздуха на срезе сопла

портируемого изделия. Режим работы питающего сопла пневмоконвейера изменится на режим "создание воздушной подушки" под транспортируемым изделием (рис. 2, б). Такое положение плоской воздушной струи является устойчивым, так как в пространстве между короткой отклоняющей стенкой и плоской воздушной струей образуется область пониженного давления, удерживающая плоскую воздушную струю в отклоненном положении. Такое поведение струи в окрестности короткой отклоняющей стенки объясняется эффектом Коанда [5].

Как только изделие сойдет с выходного отверстия 1, над несущей поверхностью сформируется воздушный вертикальный поток, а в канале управления 2 направление движения воздушного потока сменится на противоположное. Это приведет к тому, что часть плоской воздушной струи устремится в канал управления 2 и в приемную камеру 4. Величина воздушного потока через канал управления 2 будет увеличиваться и создавать все возрастающее сопротивление струйному потоку в канале выходного отверстия 1. Этот процесс будет идти лавинообразно и стремительно до тех пор, пока плоская воздушная струя не потеряет устойчивость в отклоненном положении и не вернется в исходное состояние, соответствующее режиму "отсутствие транспортируемых изделий".

Преимущество этого пневмоконвейера состоит в том, что в режиме "отсутствие транспортируемых изделий" он имеет достаточно низкий уровень шума и как положительный дополнительный эффект — очищает рабочую зону над несущей поверхностью от запыленного воздуха.

Недостатком этого пневмоконвейера является повышенный уровень шума питающего сопла, находящегося в режиме "создание воздушной подушки". Несовершенство конструкции состоит в наличии острой кромки на короткой отклоняющей стенке, создающей в области отклоненного струйного потока вторичные течения. На рис. 3 показано, что на короткой отклоняющей стенке отклоненная струя формирует эжектируемый поток γ и вторичный поток β, который, взаимодействуя с основным потоком α, образует зону макротурбулентности δ, являющейся дополнительным источником шума.

Наличие зоны δ в отклоненном струйном потоке повышает уровень турбулентности и, соответственно, уровень звука (УЗ). На рис. 4 представлен 1/3-октавный спектр уровня звукового давления (УЗД) турбулентного струйного отклоненного потока с зоной макротурбулентности и на рис. 5 — УЗ в октавных полосах.

Характерным для этого течения является то, что для скоростей истечения воздуха из сопла менее 60 м/с наибольший УЗ наблюдается в области низких частот. Для больших скоростей истечения воз-

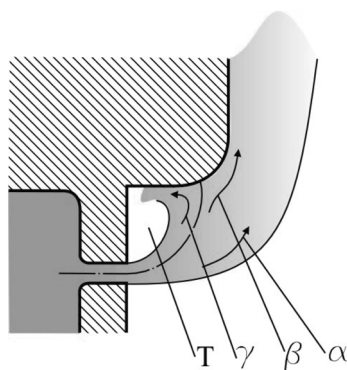


Рис. 6. Фрагмент питающего сопла с профилированной отклоняющей стенкой в режиме "создание воздушной подушки":

α — направление основного потока струи; β — вторичный поток на стенке прямоугольного отверстия верхней пластины; γ — эжектируемый поток; T — область пониженного давления

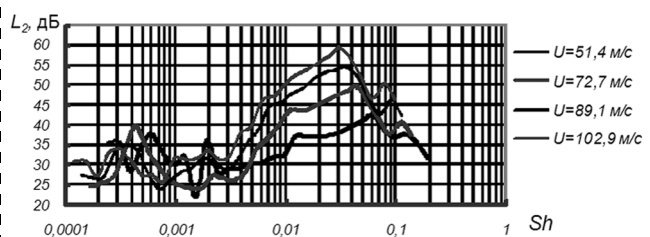


Рис. 7. 1/3-октавный спектр УЗД струйного потока, отклоняемого короткой профильной стенкой

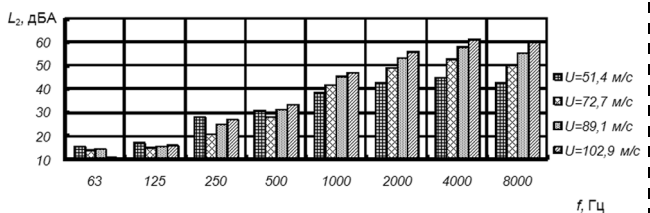


Рис. 8. Уровень звука в октавных полосах струйного потока, отклоняемого короткой профильной стенкой

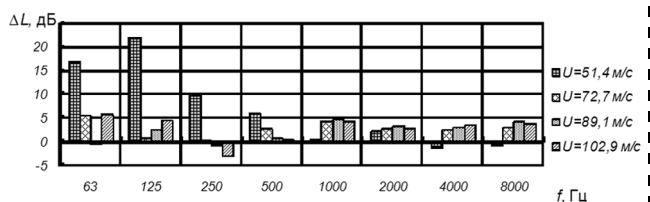


Рис. 9. Снижение УЗД в октавных полосах струйного потока, отклоняемого короткой профильной стенкой (см. рис. 6) по отношению к прямолинейной короткой стенке (см. рис. 3).

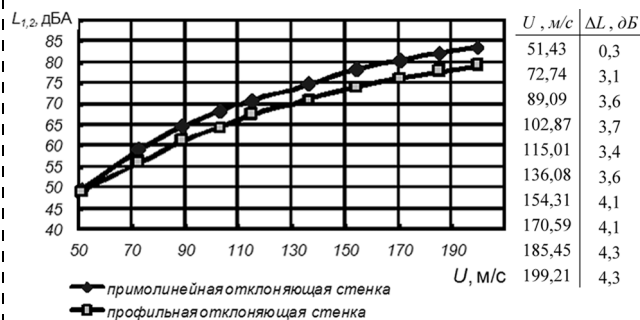


Рис. 10. Уровни звука струйного потока, отклоняемого короткой стенкой

духа из сопла повышенный УЗ будет относиться к области высоких частот.

Для устранения зоны дополнительной турбулизации струйного потока, соответственно, снижения уровня аэродинамического шума короткая отклоняющая стенка выполнена со скругленной верхней кромкой (рис. 6).

На рис. 7 и 8 видно, что структура звука затопленной турбулентной струи, отклоненной профильной короткой стенкой, заметно отличается от структуры звука струи, отклоненной прямолинейной короткой стенкой. Уровень звука в области низких частот для профильной отклоняющей стенки на 10...20 дБА меньше (рис. 9), а в области высоких частот меньше на 4...10 дБА, где $\Delta L = L_1 - L_2$. Общий уровень шума будет меньше, что показано на рис. 10.

Применение профильной отклоняющей стенки позволило улучшить акустические характеристики пневмоконвейера со струйным управлением, снизив общий уровень шума на 4 дБ.

Список литературы

1. Борьба с шумами на производстве / Под ред. Е. Я. Юдина. М.: Машиностроение, 1985. — 512 с.
2. Рабочий Г. М., Турушин В. А., Горбунов И. И. Новые конвейеры на воздушной подушке / Технология и организация производства. — 1981. — № 2. — С. 18—21.
3. Битюков В. К., Колодежнов В. Н., Кушев Б. И. Пневматические конвейеры. — Воронеж: Изд-во ВНУ, 1984. — 164 с.
4. Патент 2294885 РФ. Питающее сопло пневмоконвейера / Мурзинов В. Л., Асминин В. Ф., Мурзинов Ю. В. Опубл. в Б.И. 10.03.2007. — № 7.
5. Вилле Р., Френгольц Г. Сообщение о первом европейском коллоквиуме механиков, посвященном эффекту Коанда / механика: период. сб. перев. ин. статей. — 1966. — № 5. — С. 61—79.

УДК 557.175.824

И. Н. Ким, канд. техн. наук, проф., **Т. И. Штанько**, асп.,
Дальневосточный государственный технический
рыбохозяйственный университет, г. Владивосток

О содержании ртути в рыбе и возможности ее снижения в готовой продукции

С помощью исследования гидробионтов установлена определенная взаимосвязь содержания ртути в рыбе от уровня загрязнения водных акваторий. Показано, что снижение содержания ртути в готовой продукции возможно правильным подбором технологических операций.

Одной из важнейших проблем человечества на современном этапе развития является охрана объектов окружающей среды (воздух, почва, вода) от загрязнения промышленными отходами, содержащими разнообразные токсические вещества, в том числе тяжелые металлы [1, 2, 3]. Применительно к водным акваториям опасность изменения фонового содержания металлов усугубляется тем, что индивидуальная потребность гидробионтов в данных элементах незначительна, а избыточное их наличие приводит к различным токсическим эффектам и в конечном итоге — к нарушению жизнедеятельности [2, 4, 5].

Среди широкого спектра тяжелых металлов одним из наиболее токсичных по уровню воздействия является ртуть [6]. Сведения, касающиеся отравления людей ртутью, были зафиксированы во многих странах. В частности, широко известны ртутные интоксикации алиментарного происхождения, наблюдавшиеся в период 1953—1956 гг. и поразившие жителей прибрежных районов населенного пункта Минамата (Япония), когда тяжелому заболеванию подверглись более 130 человек, в том числе 22 новорожденных [2]. Заболевание населения характеризовалось поражением центральной нервной системы, расстройством речи, атаксией, ухудшением зрения и слуха и было вызвано повышенным содержанием ртути в потребляемой рыбе, которое в среднем составляло от 8 до 30 мг/кг. Подобная клиническая картина была отмечена в 60-х годах прошлого столетия в Ираке в результате употребления населением хлебобулочных изделий, изготовленных из протравленного ртутьорганическими соединениями посевного зерна, а также мяса скота, в рацион питания которого входило данное зерно [2].

По своей природе ртуть является металлом, находящимся в жидком состоянии в широком интервале температур от $-38,9$ до $356,6$ °С. При этом она испаряется при комнатной температуре, малорастворима в воде и жирах, а на воздухе быстро окисляется [6]. В объектах окружающей среды ртуть находится в металлическом виде (степень окисления 0, Hg^0), а также в виде ионов со степенью окисления +1 [$(\text{Hg}_2)^{2+}$] или +2 (Hg^{2+}). Ион Hg^{2+} может образовывать стабильные комплексы с биологическими соединениями, особенно с участием сульфгидрильных ($-\text{SH}-$) групп [1, 6].

Большинство ртутных соединений, поступающих в водоемы со сточными водами и атмосферными осадками, находится в неорганической форме [3, 5]. Оседая на взвеси, ртутные вещества, как правило, переносятся в донные отложения, где в результате деятельности микроорганизмов преобразуются в метил- и диметилртутные формы. Метилированные соединения относительно легко усваиваются и накапливаются в гидробионтах, и лишь незначительная часть выводится из них.

Токсическое действие ртути зависит от химической структуры соединения: алкилртутные соединения токсичнее неорганических, а наиболее высоким негативным потенциалом обладают соединения с короткой цепью — метил- и этилртуть, которые хорошо депонируются в организме, имеют высокий уровень растворимости в липидах и легко преодолевают биологические мембраны [5]. Негативное воздействие ртути обычно усиливается с повышением температуры воды и снижением содержания соли и концентрации растворенного в ней кислорода. В то же время известно, что некоторые органические соединения ртути, например ацетат фенилртути, обладают антибактерицидными свойствами и способствуют подавлению патогенной микрофлоры [1, 2].

Ртуть, поступая в организм, реагирует прежде всего с веществами, имеющими в своем составе сульфгидрильные (SH) группы [7]. В частности, миоэозин легко взаимодействует с ртутью с образованием вы-

сокотоксичных меркаптидов, способных длительное время оставаться в организме. Токсическое действие ртути при взаимодействии с сульфгидрильными группами белков заключается в блокировании биологических свойств их тканей и инактивации гидролитических и окислительных ферментов, а также участии в структуре ДНК.

Взаимодействие соединений ртути со свободными метильными (CH_3) группами приводит к образованию метилртути [7]. Ртуть также активно взаимодействует со свободными карбоксильными (CH) и аминными (NH) группами, поэтому миоин, содержащий в своем составе до 30 % дикарбоновых кислот, оказывается весьма реакционноспособным и легко блокируется ртутью.

Таким образом, наличие ртути в рыбах отрицательно влияет на обмен пищевых веществ, причем неорганические соединения в основном нарушают обмен аскорбиновой кислоты, пиридоксина, кальция, меди цинка, селена, а органические — белков, цистеина, аскорбиновой кислоты, токоферолов, железа, меди, марганца, селена [7, 8].

Известно, что ртуть можно обнаружить практически во всех водоемах, а гидробионты способны аккумулировать ее вместе с пищей, водой, через жабры или кожу [7]. В последнем случае определенное значение имеет форма тела рыбы, и от величины ее поверхности зависит уровень сорбции ртути. В то же время высокое содержание ртутных соединений в рыбе не всегда пропорционально связано с уровнем загрязнения воды, так как гидробионты могут аккумулировать метилртуть даже в акваториях с низким ее содержанием.

Локализация ртути в тканях рыбы осуществляется, прежде всего, в мышечной ткани, а ее распределение в значительной степени обусловлено химическим составом сырья (см. таблицу). Рыба с высоким содержанием белка в мышечной ткани характеризуется и повышенной концентрацией ртути [2, 9].

В мышцах рыб, выловленных из незагрязненных пресноводных водоемов, уровень ртути обычно варьирует от 20 до 600 мкг/кг. Рыбы из зарегулированных водоемов содержат в среднем в 3—8 раз больше ртути, чем рыбы из проточных водоемов. В мясе хищных рыб (щуке, окуне, жерихе, судаке, соме), выловленных в крупных реках, уровень ртути (107...509 мкг/кг) оказался более высоким по сравнению с нехищными (лещом, линем, плотвой, красноперкой, синцом, чехонью), где он составил 79...200 мкг/кг.

Основная масса ртути связана с миофибриллярной фракцией белков, где концентрация ртути составляла 2,95...6,18 мкг/кг [7]. В саркоплазматической фракции содержание ртути было в среднем в два раза меньше и достигало 1,41...3,02 мкг/кг, а во фракции денатурированных белков ограничилось 0,10...0,51 мкг/кг. Данное распределение обусловлено строением саркоплазматических белков и спецификой их аминокислотного состава, имеющих в своем составе низкое содержание свободных сульфгидрильных и карбоксильных групп по сравнению с миофибриллярными белками. Особенно сильно коллагена является отсутствие серосодержащих аминокислот типа цистеина, цистина и триптофана, что заметно снижает способности белка связывать ртуть и таким образом объясняет незначительное содержание ее в тканях рыбы [7].

Во внутренних органах рыб содержание ртути снижалось в следующем порядке: мышцы, сердце, печень, жабры и гонады. Доля метилртути в мышцах достигала 52...94 % от общего содержания в рыбе [3, 5, 10, 11]. В печени и гонадах содержание ртути составляло в среднем около 50 % от суммы всей ртути, находящейся в мышечной ткани. Распределение ртути между мышечной тканью, печенью и гонадами изменялось в зависимости от вида рыбы, содержания липидов и белков. В печени рыб, относящихся к тощим (треска, щука), содержание ртути

Распределение ртути в мясе и внутренних органах рыбы (средние данные)

Мясо и органы рыбы	Содержание ртути (в пересчете на сухое вещество), мг/кг/(%)			
	Щука	Треска	Радужная форель	Карп
Мышцы	1,45/(28,0)	0,61/(23,5)	0,52/(31,0)	0,79/(36,2)
Печень	0,49/(9,5)	0,22/(8,5)	0,29/(17,3)	0,48/(22,0)
Сердце	1,26/(24,3)	0,58/(22,4)	0,17/(10,1)	0,23/(10,6)
Гонады	0,60/(11,6)	0,31/(12,0)	0,18/(10,7)	0,21/(9,6)
Кожа	0,29/(5,6)	0,21/(8,1)	0,15/(8,9)	0,09/(4,1)
Чешуя	0,28/(5,4)	—	0,10/(6,0)	0,10/(4,6)
Кости	0,26/(5,0)	0,14/(5,4)	0,12/(7,1)	0,13/(6,0)
Жабры	0,55/(10,6)	0,52/(20,1)	0,15/(8,9)	0,15/(6,9)
Сумма	5,18/(100,0)	2,59/(100,0)	1,68/(100,0)	2,18/(100,0)



ти было меньше, чем в гонадах, и составляло около 9,5 %, а у жирных рыб на долю печени приходилось до 22 % (радужная форель) от общей ее массы в рыбе. Другим органом, аккумулирующим ртуть, являются жабры, где у всех рыб ее концентрация оставалась неизменно высокой [2, 3, 9, 10, 11]. В костной ткани, коже, плавниках и чешуе содержание ртути незначительно, несмотря на их интенсивный контакт с окружающей средой.

Исходя из приведенных выше данных, можно сделать вывод, что очень важным является установление способов обработки рыбного сырья, способствующих снижению содержания ртути в готовых продуктах [5, 7].

Холодильная обработка (охлаждение, замораживание, хранение и размораживание) рыбы не вызвала заметных изменений в содержании ртути [7]. Однако размораживание рыбы, в зависимости от применяемого способа, способствует некоторому повышению содержания ртути в мышечной ткани. Это наблюдалось при дефростации сырья в воде и было обусловлено переходом растворимых белков, главным образом саркоплазматической фракции, вместе с тканевым соком в воду, а поскольку ртуть в основном связана с белками миофибриллярной фракции, то происходило относительное увеличение его содержания в мясе рыбы от 8 до 25 % от исходного.

Японскими учеными были получены аналогичные результаты при исследовании причин повышения содержания ртути в мясе меч-рыбы и кашалота после предварительной обработки. Ими установлено, что промывание мяса водой незначительно снижает количество растворимых белков, содержащих малые количества ртути, но в целом не способствует значительному удалению ртути из мяса [9].

Посол является основным технологическим приемом, способствующим значительному снижению содержания ртути в мышечной ткани рыбы. При достижении определенной концентрации солевого раствора наблюдается увеличение растворимости белков миофибриллярной фракции, вступающих во взаимодействие с ртутью из-за наличия сульфгидрильных групп в его составе. Например, при достижении концентрации соли в мясе рыбы более 2 % ее ионы, из-за наличия электростатических свойств функциональных групп белков, притягивают диполи воды, увеличивая гидратацию и растворимость белков, в результате чего в тканях повышается содержание адсорбционносвязанной воды. При этом часть саркоплазматических белков переходит в тузлук.

Исследование влияния концентрации солевых растворов на степень извлечения ртути из рыбы

показало, что при посоле сырья в 10- и 20 %-ных растворах поваренной соли повышенная концентрация солевого раствора способствовала более интенсивному извлечению ртути из рыбы [7]. Степень извлечения ртути из сырья зависит не только от концентрации используемого солевого раствора, но и от вида и состояния (свежая, мороженная) исходной рыбы. Так, при посоле свежей трески и щуки в 10 %-ном растворе соли содержание ртути в них снизилось в среднем на 33,8 %, при посоле в 20 %-ном растворе соли — на 62,3 %, а при посоле размороженного судака в растворах данных концентраций — соответственно на 28,6 и 44,0 %.

Таким образом, использование поваренной соли как средства, способствующего снижению содержания ртути в тканях, является наиболее приемлемым из-за доступности и распространенности этого приема, а также в виде обязательной ступени технологической обработки при производстве соленых, пряных, маринованных и копченых продуктов [7].

В процессе копчения рыбы наблюдается некоторое снижение содержания ртути в ее мышечной ткани, что, возможно, обусловлено увеличивающейся летучестью ртути под влиянием повышенной температуры. Например, содержание ртути в кильке и окуне горячего копчения по сравнению с сырьем снизилось в среднем соответственно на 36,4 и 36,1 % [7].

Сокращению содержания ртути в рыбе способствует тепловая обработка, используемая при производстве рыбных кулинарных изделий, — варка в воде, бланширование, обжаривание и запекание. Уровень данных изменений определяется способом термической обработки, а скорость снижения содержания ртути зависит от вида и массы рыбы и продолжительности теплового воздействия. Содержание ртути в щуке, окуне и судаке при обжаривании уменьшается в среднем на 29,3 %, при запекании — 18,5 %, при отваривании в воде — 17,5 %, а при бланшировании — 8,0 % [7].

Уменьшение количества ртути в рыбе при тепловой кулинарной обработке обусловлено выделением из полуфабриката сока, содержащего растворимые ртутные соединения (неорганическая ртуть). Кроме того, тепловая денатурация тканевых белков приводит к нарушению связей ртути, которая высвобождается и улетучивается. Количество ртути, удаляемой из рыбы при кулинарной обработке, зависит от длительности теплового воздействия, с увеличением которой возрастает масса отделяющейся ртути [8]. По данным итальянских исследователей, содержание ртути в тунце при варке в воде



или паром уменьшилась в среднем на 22 %, а при посоле — только на 8 % [11].

При производстве стерилизованных рыбных консервов снизить содержание ртути в рыбе можно в процессе посола, обжаривания, бланширования или копчения, а собственно стерилизация продукта практически не приводит к изменению содержания ртути [5, 7, 11]. Достигаемое в этих случаях снижение количества ртути в рыбе может колебаться в широких пределах (от 24 до 47 %) и зависит от вида используемой рыбы и выбранной предварительной тепловой обработки перед закладкой в банку. При изготовлении натуральных консервов, когда закладываемая в банку рыба не подвергается какой-либо предварительной тепловой обработке, содержащаяся в ней ртуть полностью сохраняется в готовом продукте.

Таким образом, содержание ртути в рыбах не только зависит от концентрации ртути в водной среде, но в значительной мере обусловлено видовыми особенностями рыб, их химическим составом и возрастом. Ртуть в основном сконцентрирована в мышечной ткани рыб, причем в тощих и среднежирных рыбах преобладает органическая ртуть, а в мышечной ткани рыб с повышенным содержанием жира превалирует ртуть в неорганических формах.

В заключение отметим, что некоторые технологические операции способствуют удалению ртути из рыбы, а скорость и количество ее выведения зависят от способа и продолжительности технологической и тепловой обработки, вида, массы и состоя-

ния поступающего в обработку сырья. Наиболее приемлемой технологической операцией, способствующей эффективному удалению ртути из мышечной ткани рыбы, является посол. Снижению содержания ртути в готовой продукции в определенной степени способствуют также бланширование, варка, копчение, обжаривание и запекание.

Список литературы

1. Габович Р. Д., Припутина Л. С. Гигиенические основы охраны продуктов питания от вредных химических веществ. — Киев: Здоровье, 1987. 248 с.
2. Рейли К. Металлические загрязнения пищевых продуктов / Пер. с англ. — М.: Агропромиздат, 1985. — 184 с.
3. Патин С. А., Морозов Н. П. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 152 с.
4. Овсяк Е. А. Токсиканты промысловых рыб северо-восточной Атлантики и влияние технологических режимов рыбообработки на их снижение // Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — СПб.: СПбГУНиПТ, 2001. — 20 с.
5. Кузубова Л. И. Токсиканты в пищевых продуктах: Аналит. обзор. — Новосибирск: Сиб. отд.-ние АН СССР, 1990. — 127 с.
6. Вредные химические вещества. Неорганические соединения V—VII групп: Справочник / А. Л. Бандман, Н. В. Волкова, Т. Д. Грекова и др. — Л.: Химия, 1989. — 592 с.
7. Липре Э. Р. Влияние различных способов технологической обработки рыбы на содержание в ней ртути // Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М.: ВНИРО, 1980. — 21 с.
8. Determination of mercury and methyl mercury in fish // Analyst, 1977. — Vol. 102. — N 1219. — P. 769–776.
9. Патент № 47-122231 Япония. Способ удаления ртути из рыбы / К. Митихико, К. Эйити, К. Хироси, О. Рейти. — Оpubл. 20.01.76.
10. Закревский В. А. Безопасность пищевых продуктов и биологически активных добавок к пище. — СПб: ГИОРД, 2004. — 280 с.
11. Hsieh Y. W., Shiu Y. C., Cheng C. A., Chen S. K., Hwang D. F. Identification of toxin and fish species in cooked fish liver implicated in food poisoning // Food Sci. 2002. — V. 67. — N 3. — P. 948–952.

ИНФОРМАЦИЯ

МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ВЫСТАВКА

5—7 ноября 2008 года

Екатеринбург — Центр Международной Торговли

РАЗДЕЛ "БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА В ПРОМЫШЛЕННОСТИ"

ПОДРАЗДЕЛЫ выставки:

Интегрированные системы безопасности. Защитное остекление.
Антитеррористическое и досмотровое оборудование. Системы пожарной сигнализации.
Системы и средства пожаротушения. Средства индивидуальной защиты при пожарах.
Специальная одежда и снаряжение. Очистка воды и воздуха в быту и на производстве.
Разработки в области создания безопасной техники и технологий и другие подразделы.

За дополнительной информацией обращайтесь:

Тел.: +7 (812) 380 6014

Email: industry@primexpo.ru

Факс: +7 (812) 380 6001

www.industryexpo.ru

УДК 614.8

А. Т. Волохина, асс., **М. В. Иванова**, канд. техн. наук, **Б. Е. Прусенко**, д-р техн. наук, проф., РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина,
И. М. Жданько, канд. мед. наук,
Государственный научно-исследовательский и испытательный институт военной медицины

Разработка автоматизированной системы оценки профессионально важных качеств операторов опасных производственных объектов и подбор методик для их улучшения

В представленном исследовании выявлены профессионально важные качества рабочих объектов магистрального транспорта и распределения газа, необходимые для их надежной и эффективной деятельности. Разработана автоматизированная система оценки выявленных качеств. А также подобраны методики для повышения уровня развития этих качеств.

В настоящее время проблема обеспечения промышленной безопасности на объектах магистрального транспорта и распределения газа по-прежнему остается актуальной. Данные объекты, безусловно, относятся к опасным производственным объектам, а их рабочий персонал — к специалистам, деятельность которых связана с повышенной вероятностью возникновения аварийных ситуаций.

Деятельность в условиях чрезвычайных ситуаций требует от работников высокого напряжения физиологических и психологических сил, а также способности организма противостоять разнообразным стрессовым ситуациям. Эта деятельность сопряжена с воздействием вредных и опасных производственных факторов и повышенной личной ответственностью работников. Ошибки, совершаемые персоналом, могут повлечь за собой тяжелые производственные травмы, нанесение ущерба окружающей среде, а также значительные материальные потери. Среди причин, обуславливающих ошибочные действия человека, на первом месте находятся причины, связанные со снижением уровня его функциональной надежности, в том числе вследствие влияния опасных и вредных факторов производственной деятельности — 29 %, низкого уровня функциональных резервов организма и профессионального здоровья — 26 %, недостаточной специализированной психофизиологической подготовки — 20 %, плохих условий и качества жизни — 15 % [1].

Из этого следует, что особую важность приобретает необходимость определения соответствия индивидуально-психологических особенностей чело-

века требованиям профессиональной деятельности, содержащей элементы экстремальности. Выявить указанные соответствия позволяют правильно и всесторонне проведенные мероприятия по оценке профессионально важных качеств работников.

Оценка профессионально важных качеств кандидатов при приеме на работу широко используется за рубежом. В нашей стране эти мероприятия применяются в Вооруженных силах. В других отраслях народного хозяйства ввиду отсутствия нормативно-правовой базы оценка уровня развития профессионально важных качеств проводится в редких случаях.

Рассмотрим два пути решений этой важной проблемы.

1. Проведение мероприятий по профессиональному психологическому отбору на стадии приема в центры обучения рабочим профессиям.

2. Улучшение профессионально важных качеств уже работающего персонала с помощью соответствующих методик.

При разработке методики оценки профессионально важных качеств можно выделить три основных этапа. На первом этапе необходимо провести анализ производственной деятельности работников и выделить наиболее значимые профессиональные качества с целью подбора необходимых психодиагностических методик, на втором — оценить выявленные качества, и на третьем — при необходимости, повысить уровень развития этих качеств.

До настоящего времени методики оценки профессионально важных качеств обслуживающего персонала объектов магистрального транспорта и распределения газа, основанные на знании психофизиологических особенностей их деятельности и современных достижений вычислительной техники, не использовались.

Исходя из этого, цель настоящего исследования заключалась в разработке автоматизированной системы оценки профессионально важных качеств работников данных производственных объектов, а также в подборе методик для повышения уровня развития этих качеств. Работа проводилась совме-

стно с психологами Государственного научно-исследовательского испытательного института военной медицины на базе предприятия ООО "Газпром трансгаз Самара". В качестве объекта исследования были выбраны работники пяти наиболее травмоопасных профессий: электрогазосварщика, линейного трубопроводчика, машиниста технологических компрессоров, оператора газораспределительных станций (ГРС), электромонтера.

На первом этапе исследования был проведен анализ производственной деятельности рабочих указанных профессий с целью выявления профессионально важных качеств, необходимых для их надежной и эффективной работы.

Для данного анализа был использован метод экспертных оценок. Эксперты отвечали следующим требованиям: компетентность, объективность и желание участвовать. В качестве экспертов выступали опытные специалисты, хорошо знающие особенности профессиональной деятельности и требования к индивидуально-психологическим качествам работников, которые обеспечивают успешность выполнения ими функциональных обязанностей.

Для проведения анализа производственной деятельности была разработана экспертная профессиографическая анкета, включающая в себя следующие разделы:

1. Общие сведения о специальности (8 вопросов);
2. Основное содержание труда по специальности (7 вопросов);
3. Предметные и функциональные особенности труда по специальности (12 вопросов);
4. Условия деятельности (8 вопросов);
5. Социально-психологические факторы деятельности (7 вопросов);
6. Факторы, определяющие качество деятельности (4 вопроса, 103 наименования различных профессионально важных качеств).

В анкетировании приняли участие 41 эксперт по всем пяти профессиям из числа работников ООО "Газпром трансгаз Самара".

По результатам опроса экспертов по первым пяти разделам анкеты были составлены профессиографические характеристики (профессиограммы) данных специалистов. В качестве примера ниже приведена профессиограмма машиниста технологических компрессоров.

Профессиональную деятельность машиниста технологических компрессоров можно охарактеризовать следующим образом.

Основными орудиями труда являются сложные технические устройства, темп деятельности вынужденный, переменного ритма. Деятельность в целом разнообразна, часто приходится решать нестандартные задачи. В деятельности преобладает сочетание значительных динамических и статических нагрузок. Решаемые профессиональные задачи в основном

характеризуются полной определенностью, однако часто встречаются ситуации с частичной информацией об обстановке. Профессиональные задачи среднего интеллектуального уровня содержат средний, реже — большой объем поступающей информации. Физический уровень выполнения профессиональных задач средний. Профессиональная деятельность сопровождается средним и высоким уровнем эмоционального и нервно-психического напряжения, средним и реже — высоким уровнем опасности для жизни сотрудника. Деятельность специалиста преимущественно исполнительская, осуществляется в составе малой группы (до 10 чел.), с использованием технических устройств и непосредственным межличностным общением. Деятельность протекает чаще в условиях непосредственных контактов с "внешней" социальной средой, реже — изолированно. Сотрудники работают совместно с другими подразделениями. Продолжительность рабочего дня составляет 12 часов. Для освоения специальности необходима длительная профессиональная подготовка (несколько лет). На рис. 1 показано рабочее место машиниста технологических компрессоров.

В шестом разделе профессиографической анкеты экспертам предлагалось оценить значимость 103 предложенных профессионально важных качеств.

Профессионально важные качества определяют успешность производственной деятельности работника и включают в себя всю совокупность психологических качеств его личности. В структуре профессионально важных качеств особое место занимают интеллектуальные, психофизиологические и личностные качества. В табл. 1 указана структура



Рис. 1. Рабочее место машиниста технологических комплексов



Таблица 1

Структура профессионально важных качеств (ПВК)

Интеллектуальные ПВК	Психофизиологические ПВК	Личностные ПВК
Развитость ощущений и восприятий	Нервно-эмоциональная устойчивость	Долговременная мотивация на профессию
Продуктивность и помехоустойчивость мышления	Устойчивость к утомлению	Способность к правильной самооценке
Быстрота, точность и прочность памяти	Устойчивость к монотонии и работе в вынужденном темпе	Способность к психической адаптации к различным условиям
Большой объем, быстрое переключение и устойчивость внимания		Устойчивость личности к неблагоприятным воздействиям
Способность к оперированию пространственными образами		Черты характера: целеустремленность, настойчивость, сильная воля, решительность, смелость
Способность к действиям в условиях дефицита времени и навязанного темпа работы		Нравственные качества: чувство долга, честность, порядочность, товарищество
Развитость понятийного и образного типов мышления		Социальные качества: склонность к лидерству, коммуникабельность, правильные ценностные ориентации, стремление к профессиональному совершенству

профессионально важных качеств в общем виде. В использованной для опроса экспертов профессиональной анкете данные качества были конкретизированы, поэтому их число возросло до 103.

Интеллектуальные качества работника определяют своевременность и безошибочность его решений и действий.

В современной психологии под интеллектом понимается целостная система по усвоению, переработке и порождению новой информации. В эту систему входят все познавательные психические процессы человека: ощущение, восприятие, представление, мышление, память и внимание [2, 3].

Психофизиологические качества определяют способность работника сохранять самообладание и работоспособность в условиях психического стресса или при работе в вынужденном, навязанном темпе.

Накопленный опыт в сфере исследования производственной деятельности работников нефтегазовой отрасли показывает, что лица, не обладающие приведенными качествами или обладающие ими в недостаточной мере, не только с трудом овладевают необходимым видом деятельности, но и допускают ошибочные действия, становясь виновниками аварийных ситуаций.

Предложенные экспертам в анкете качества оценивались ими по семибалльной шкале, приведенной ниже:

- 3 балла — крайне необходимо;
- 2 балла — необходимо;
- 1 балл — желательно;
- 0 баллов — не имеет значения (безразлично);
- 1 балл — нежелательно;
- 2 балла — оказывает отрицательное влияние;
- 3 балла — крайне нежелательно.

Для обработки полученных данных опроса экспертов было использовано специализированное программное средство для статистических расчетов STATISTICA. В табл. 2 представлен фрагмент описательной статистики мнений экспертов по профессии "машинист технологических компрессоров".

В ходе статистического анализа мнений экспертов по каждой профессии, исходя из значений среднего, были отброшены качества:

- не имеющие значения;
- нежелательные качества;
- оказывающие отрицательное влияние;
- крайне нежелательные.

Таким образом, по результатам статистической обработки мнений экспертов из 103 предлагаемых качеств было отобрано 60 (значение средней балльной оценки экспертов больше 1).

Из оставшихся 60 качеств были выбраны те качества, которые можно достаточно оперативно оценить с помощью психодиагностических методик. Остальные качества (такие как трудолюбие, аккуратность в работе, дисциплинированность, требовательность, исполнительность и т. д.), которые, по мнению экспертов, являются, безусловно, важными, не могут быть количественно диагностированы с помощью тестов.

В структуре профессионально важных качеств, предложенной специалистами-психологами Государственного научно-исследовательского испытательного института военной медицины, эти качества входят в блок личностных. Они должны оцениваться специалистами кадровых отделов при приеме кандидата на работу в ходе личной беседы, при изучении трудовой книжки кандидата, по характеристикам с прежних мест работы, а также в процессе испытательного срока.

Проанализировав оставшиеся качества, пришли к выводу, что эксперты по всем пяти профессиям посчитали наиболее значимыми одни и те же качества. Это такие качества, как технические способности, умение сохранить работоспособность и активность при развивающемся утомлении, находчивость, быстрое реагирование, быстрое и точное выполнение арифметических действий, быстрый переход от одной деятельности к другой (быстрая смена направленности внимания), способность создавать правильное представление о реальных про-



Таблица 2

Описательная статистика мнений 12 экспертов по профессии "машинист технологических компрессоров" (фрагмент)

ПВК	Среднее	Границы 95 %-ного ДИ ¹		Минимальное значение	Максимальное значение	Стандартное отклонение	Стандартная ошибка
		нижняя	верхняя				
Технические способности	2,000			2,000	2,000	0,000	0,000
Математические способности	0,857	0,508	1,207	0,000	1,000	0,378	0,143
Организаторские способности	1,143	0,793	1,492	1,000	2,000	0,378	0,143
Умение брать на себя ответственность за принятые решения и действия	1,429	0,934	1,923	1,000	2,000	0,535	0,202
Умение правильно оценивать окружающих людей, выявлять их сильные и слабые стороны	0,714	-0,165	1,594	0,000	2,000	0,951	0,360
Способность побуждать людей к активной деятельности	1,000	0,245	1,755	0,000	2,000	0,816	0,309
Высокий уровень нравственного сознания и поведения	1,286	0,126	2,445	-1,000	3,000	1,254	0,474
Высокое чувство долга	1,571	0,844	2,299	0,000	2,000	0,787	0,297
Коллективизм	1,714	1,263	2,166	1,000	2,000	0,488	0,184
Принципиальность	0,857	0,219	1,495	0,000	2,000	0,690	0,261
Общительность, умение легко вступать в контакт с другими людьми	1,571	1,077	2,066	1,000	2,000	0,535	0,202
Склонность к работе в одиночестве	0,714	-0,562	1,991	-1,000	2,000	1,380	0,522
Доброжелательность и отзывчивость	1,571	1,077	2,066	1,000	2,000	0,535	0,202
Критическое отношение к работе других людей	0,714	0,015	1,413	-1,000	1,000	0,756	0,286
Трудолюбие	2,429	1,934	2,923	2,000	3,000	0,535	0,202
Требовательность	2,000	1,466	2,534	1,000	3,000	0,577	0,218

¹ ДИ — доверительный интервал.

цессах на основе закодированной информации, логичность, умение действовать нешаблонно, быстро принимать решения в изменяющейся обстановке, правильная глазомерная оценка величины предметов (расстояний) и т. д. При этом в приведенном перечне присутствуют качества, которые взаимно дополняют друг друга и могут быть объединены. В результате этого обобщения было выделены девять профессионально важных качеств, для оценки которых были подобраны психодиагностические методики (табл. 3).

Таким образом, на первом этапе данного исследования с помощью метода экспертных оценок было выявлено девять профессионально важных качеств работников рассматриваемых специальностей, которые обеспечивают успешность выполнения ими функциональных обязанностей. А также были подобраны психодиагностические методики, позволяющие определить уровень развития этих качеств.

На втором этапе работы было протестировано 230 работников указанных пяти профессий по отобранным методикам. Важной задачей этого этапа являлось определение нормативов психофизиологических и интеллектуальных показателей, с которыми сравниваются характеристики кандидата, полученные при тестировании, для оценки его профессиональной пригодности.

Эти нормы были установлены по результатам обследования выборки протестированных рабочих. Границы нормативных значений определялись с использованием перцентильных шкал. В этих шкалах

Таблица 3

Психодиагностические методики для оценки ПВК

ПВК	Свойства	Психодиагностические методики (тесты)
Интеллектуальные		
1. Внимание	Концентрация	Тест "Корректирующая проба" (количество ошибок)
	Объем и устойчивость	Тест "Корректирующая проба" (количество просмотренных знаков)
	Распределение и переключаемость	Тест "Отыскивание чисел с переключением" ("Черно-красная таблица — ЧКТ")
2. Память	Быстрота, точность, прочность	Методика исследования особенностей мышления (МИОМ-9); тест "ЧКТ"; тест "Шкалы"
3. Глазомер	Точность	Тест "Деление отрезка пополам"
4. Техническое мышление	Уровень	Тест "Беннета"
5. Логическое и образное мышление	Уровень	МИОМ 1—4
6. Арифметические и счетно-логические операции	Уровень	МИОМ 5, 6; тест "Шкалы"
7. Пространственное мышление	Уровень	МИОМ 7, 8
Психофизиологические		
8. Эмоциональная устойчивость	Сила нервной системы	Тест "Прогноз-2"
9. Темп психических процессов	Устойчивость к утомлению	МИОМ 1—9; тест "ЧКТ"; тест "Шкалы"



выполнение теста оценивается перцентильным рангом, который соответствует проценту лиц в "эталонной" группе, имеющих большие или меньшие величины показателя [4]. В качестве "эталонных" значений профессионально важных качеств принимались показатели 10-го, 37-го и 75-го перцентилей, которые разделили всю выборку обследуемых на четыре участка, условно обозначаемых баллами 2, 3, 4, 5. В зависимости от полученных балльных оценок все протестированные работники распределились на четыре группы: первая группа (5) — наиболее пригодные, вторая (4) — пригодные, третья (3) — условно пригодные, четвертая (2) — недостаточно пригодные.

Расчет интегрального показателя и интегральной оценки профессиональной пригодности осуществлялся по иерархической схеме.

На первой стадии текущие результаты тестирования по каждой психодиагностической методике в зависимости от того, в какой диапазон значений они попали, переводятся в определенный балл ("2", "3", "4", "5") четырехбалльной нормативно-оценочной шкалы. Для каждого теста была построена своя шкала в зависимости от результатов тестирования выборки работников.

Вторая стадия направлена на получение значений более высокого иерархического уровня, т. е. интегральной оценки каждого профессионально важного качества с учетом значимости применяемых психодиагностических методик. Для этой цели используется так называемая функция желательности, разработанная опытными экспертами и апробированная при оценке профессионально важных качеств курсантов летных училищ [5]. Функция желательности имеет вид S-образной кривой (рис. 2) и позволяет установить связь интегрального показателя с частными.

И, наконец, на завершающей стадии происходит интеграция всех значений, полученных на вто-

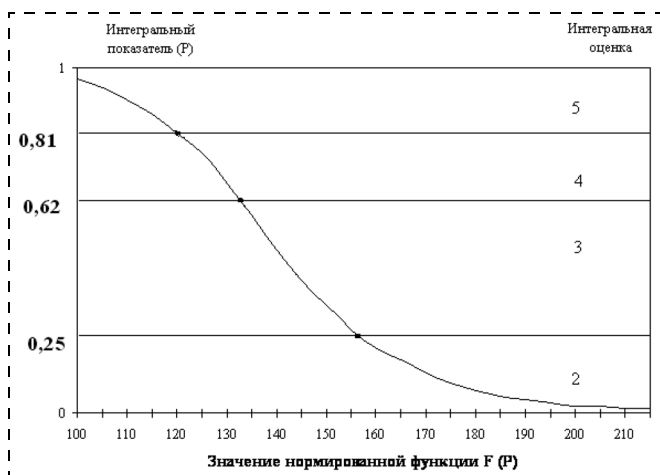


Рис. 2. Нормированная функция желательности

рой стадии, в комплексную оценку профессиональной пригодности с учетом коэффициента важности того или иного профессионально значимого качества, установленного экспертами. Из девяти оцениваемых профессионально важных качеств, по мнению экспертов, наиболее значимыми являются: техническое мышление, концентрация внимания, объем и устойчивость внимания, а также распределение и переключаемость внимания. Поэтому оценки этих качеств оказывают наибольшее влияние на итоговую интегральную оценку профессиональной пригодности.

Кроме оценки профессиональной пригодности ("2", "3", "4", "5") был получен показатель профессиональной пригодности, значение которого изменяется от 0,0 до 1,0 и интегрируется как мера предпочтения приема кандидата на работу. Причем чем выше значения интегрального показателя, т. е. чем он ближе к 1,0, тем предпочтительнее кандидат для приема. На основании этого показателя может осуществляться ранжирование кандидатов, попавших в одну группу отбора, и степени предпочтения.

Определение интегральной оценки и интегрального показателя профессиональной пригодности протестированных работников проводилось по описанному выше алгоритму анализа данных. Результаты тестирования, полученные при апробации отобранных психодиагностических методик для оценки профессионально важных качеств рабочих рассматриваемых профессий, представлены на диаграмме рис. 3.

Как видно из данной диаграммы, наибольшее количество обследуемых работников (38,6 %) получили наивысшую оценку профессиональной пригодности и попали в первую группу отбора (наиболее пригодные), 27 % протестированных попали во вторую группу отбора (пригодные), 24,6 % — в третью группу отбора (условно пригодные) и, наконец, 9,8 % полу-

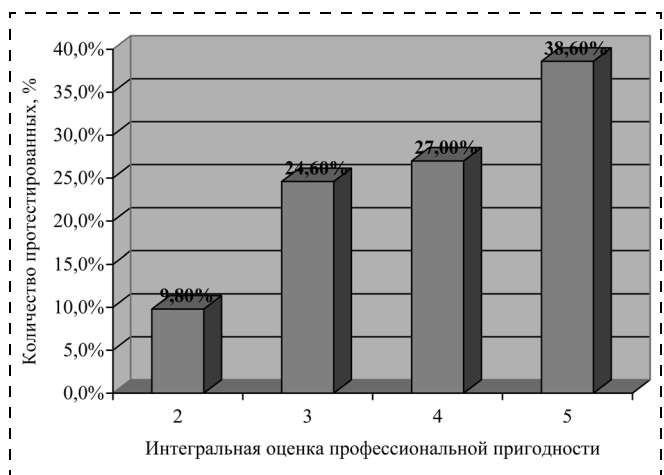


Рис. 3. Диаграмма распределения протестированных работников по группам отбора



Рис. 4. Вид стартовой страницы автоматизированной системы оценки профессионально важных качеств работников

чили самую низкую оценку и попали в четвертую группу отбора (наименее пригодные).

Таким образом, на втором этапе исследования были выявлены работники, которым необходимо повысить уровень развития их профессионально важных качеств (третья и четвертая группы отбора).

В связи с широким внедрением компьютерных технологий, в том числе на рассмотренном предприятии, важным моментом второго этапа данной работы было создание автоматизированной системы оценки профессионально важных качеств. Преимущества компьютерного тестирования очевидны — это:

- 1) быстрое получение диагностических результатов, что крайне важно при массовых обследованиях;
- 2) автоматизация процесса обследования (эксперт освобождается от трудоемких, рутинных операций инструктирования испытуемого, предъявления ему задания, проверки правильности ответов, ведения протокола обследования, обработки результатов);
- 3) точность регистрации результатов, отсутствие ошибок при их обработке;
- 4) сокращение времени тестирования.

Перечисленные преимущества компьютеризации психодиагностических методик оказывают положительное действие на повышение качества и снижение стоимости психодиагностического обследования.

В созданной компьютерной системе оценка профессионально важных качеств реализована по изложенным выше принципам.

Разработанная автоматизированная система предназначена не только для проведения профессионального психологического отбора кандидатов на получение названных выше пяти профессий при приеме в центры получения рабочих профессий, но и для тестирования в процессе производственной деятельности работников с целью динамического контроля за развитием их профессионально важных качеств.

Тесты предъявляются автоматически, тестирование производителя в диалоговом режиме индивидуально. Программа содержит мультимедийные компоненты. Продолжительность тестирования зависит от индивидуальных особенностей тестируемого и обычно составляет 60...120 минут. На рис. 4 представлено стартовое окно разработанной системы.



Автоматизированная система состоит из четырех структурных компонентов (рис. 5).

1. Комплект из 15 психодиагностических тестов, позволяющих оценивать основные профессионально важные качества кандидатов. Количество тестов может варьироваться руководителем.

В качестве примера на рис. 6 показан вид окна на экране монитора при работе с тестом "Шкалы". Данная методика используется для оценки оперативной памяти и арифметических способностей. По затраченному на выполнение данного теста времени оценивается темп психических процессов кандидатов.

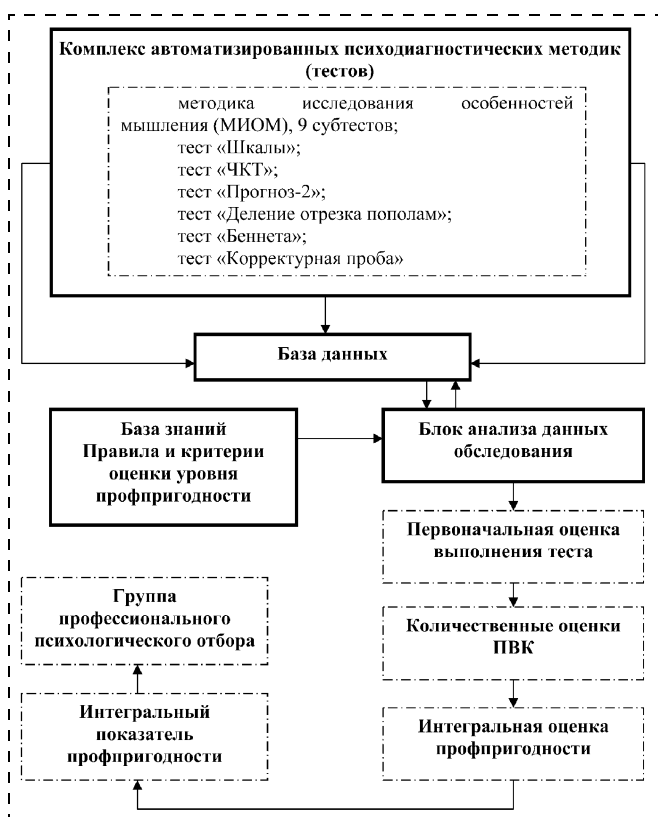


Рис. 5. Структурная схема автоматизированной системы оценки профессионально важных качеств

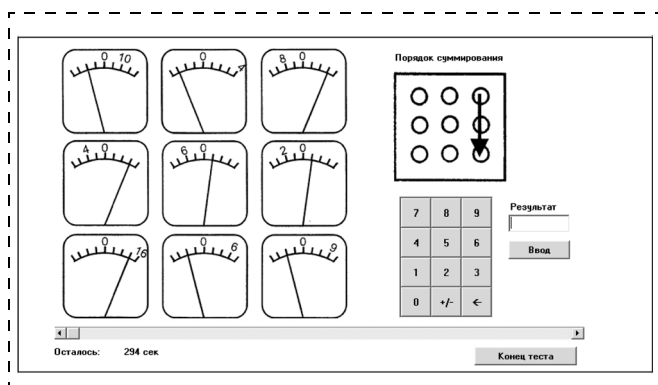


Рис. 6. Вид окна при работе с методикой "Шкалы"

Содержание входящих в систему тестов достаточно полно описано в специальной литературе [6—8].

2. База знаний, включающая в себя решающие правила и критерии, позволяющие количественно оценить уровень профессиональной пригодности респондентов.

3. База данных, обеспечивающая хранение, обработку и представление результатов обследования в виде таблиц и графиков.

4. Блок анализа данных психологического обследования, реализующего автоматизированную обработку результатов тестирования и позволяющего получать интегральные оценки, интегральный показатель профессиональной пригодности.

На рис. 7 представлено окно результатов тестирования, которое разделено на три функциональных части: сводная таблица результатов, диаграмма и заключение.

Сводная таблица результатов содержит расчетную интегральную оценку и показатель профессиональной пригодности оценки отдельных профессионально важных качеств, а также первичные результаты тестов, по которым эти оценки и вычисляются. При этом таблица содержит только те оценки профессионально важных качеств, по которым был выполнен хотя бы один тест.

На диаграмме отражаются в графическом виде интегральный показатель профессиональной пригодности и интегральные оценки всех профессионально важных качеств, предусмотренные алгоритмом расчета.

Заключение содержит информацию о респонденте, экспертное заключение по результатам итоговой оценки профессиональной пригодности и частные заключения по отдельным тестам (если таковые имеются).

Применение разработанной автоматизированной системы оценки профессионально важных качеств позволит существенно сократить время обследования (по сравнению с использованием для реализации методик банков тестов, выполненных на бумажном носителе). Благодаря наличию базы данных и средств их автоматической обработки и визуализации можно отслеживать изменение уровня развития профессионально важных качеств во времени в случае использования соответствующих методик для их тренинга.

Перечисленные выше преимущества данного программного продукта позволят использовать его не только в целях профотбора кандидатов при приеме в учебные центры, но и для мониторинга развития профессионально важных качеств работников в процессе их совершенствования. Любая, даже самая совершенная система отбора обеспечивает лишь некоторый необходимый, пусть и высокий, но все равно исходный уровень профессионально важных качеств, которые могут и должны

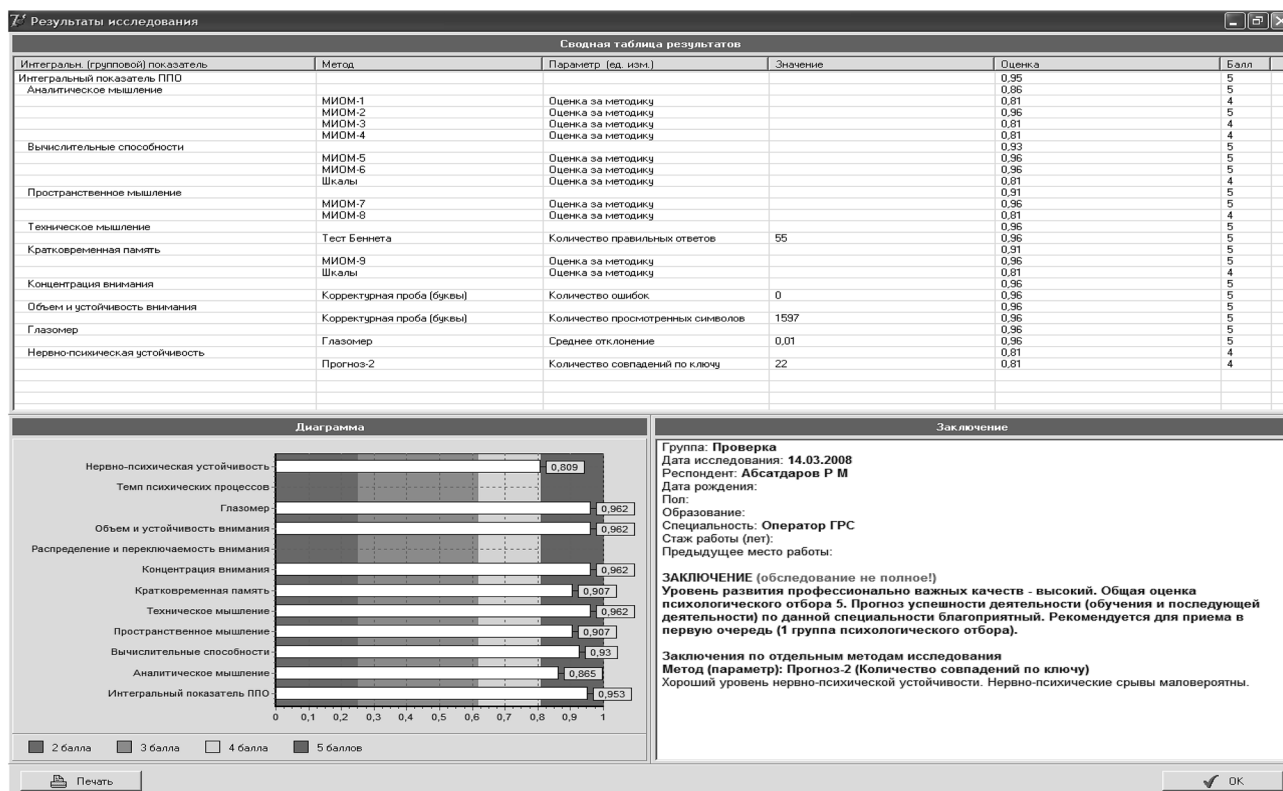


Рис. 7. Вид окна результатов тестирования

быть развиты в процессе производственной деятельности.

Ранее все работы, проводимые в области профотбора, ограничивались определением профессиональной пригодности кандидатов. На третьем этапе данного исследования впервые в нефтегазовой отрасли были отобраны и адаптированы методики для повышения уровня интеллектуальных и психофизиологических качеств, необходимых для правильного и четкого выполнения производственных функций персонала объектов магистрального транспорта и распределения газа. В основе этих методик — работы специалистов Государственного научно-исследовательского испытательного института военной медицины.

Методики представляют собой тренинговый комплекс групповых занятий. Предлагаемый комплекс включает в себя методики развития: понятийного (логического) мышления; памяти; внимания; пространственного (образного) мышления.

Применение данного тренинга для работников третьей и четвертой групп отбора позволит значительно повысить уровень развития их профессионально важных качеств и перейти во вторую или даже первую группу отбора. Из данных литературных источников известно, что надежность деятельности "успешно" пригодных операторов существенно выше (на 15...20 %) надежности "условно" пригодных

операторов [9, 10]. Следовательно, повысив группу отбора работника, мы повышаем его функциональную надежность, что, несомненно, ведет к снижению производственного травматизма и аварийности.

Список литературы

1. Ушаков И. Б. Экология человека опасных профессий. — Воронеж, 1999. — 72 с.
2. Веккер Л. М. Психические процессы. Т. 2 — Л.: ЛГУ, 1976.
3. Психологический словарь. — М.: Политиздат, 1990.
4. Кулагин Б. Ф. Основы профессиональной психодиагностики. — Л.: Медицина, 1984. — 216 с.
5. Косачев В. Е., Агапов И. В. Квалиметрический подход к изучению профессионально важных качеств // Первые Международные Ломовские чтения: Тезисы докладов. — М., 1991. — С. 173—175.
6. Лучшие психологические тесты для профотбора и профориентации / Под ред. А. Ф. Кудряшова. — Петрозаводск: Петриком, 1992. — 318 с.
7. Практикум по дифференциальной психодиагностике профессиональной пригодности: Учебное пособие / Под общ. ред. В. А. Боброва. — М.: ПЭР СЭ, 2003. — 768 с.
8. Анастаси А. Психологическое тестирование: Пер. с англ. Кн. 1—2. — М.: Педагогика, 1982.
9. Иванова М. В., Глебова Е. В. Оценка надежности операторской деятельности (на примере оператора по добыче газа) // Безопасность жизнедеятельности. — 2003. — № 12. — С. 17—20.
10. Иванова М. В., Глебова Е. В., Гендель Г. Л. Оценка риска возникновения аварии на УКПП с учетом возможных ошибок человека-оператора // "Надежность и сертификация оборудования для нефти и газа". — 2004. — № 1.

УДК 628.33:665.662.2

М. Ю. Ионов,

Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г. В. Плеханова

Исследование процесса сорбции нефтепродуктов из водных растворов в динамическом режиме

Рассмотрена проблема очистки сточных вод от нефтепродуктов на основе сопоставления сорбционных характеристик известных и применяемых в процессах фильтрации сорбентов и нового углеродсодержащего природного материала — шунгита. Результаты эксперимента показали, что сорбционная способность шунгита по отношению к нефтепродуктам может быть сопоставима с таковой у активированных углей различных марок, что позволяет рекомендовать шунгит для очистки воды от нефтепродуктов как более дешевый природный материал.

Металлургическая, химическая, нефтехимическая и родственные им отрасли промышленности являются основными загрязнителями воды органическими примесями. Исходя из форм их нахождения в сточных водах, используют различные методы очистки: отстаивание, фильтрацию, сорбцию, реагентную и электролитическую коагуляцию, биохимическое окисление и т. д. [2, 9].

Степень биохимического окисления многих органических соединений, загрязняющих сточные воды, невысока. Отношение БПК_{полн} вещества к его ХПК в основном отражает возможную степень биохимической очистки. Для отдельных классов и групп веществ отношение БПК_{полн}/ХПК следующее: нефть различных месторождений — 0,04...0,1; продукты прямой перегонки нефти (бензин, керосин и т. д.) — 0,03...0,12; углеводороды — 0,12...0,45; галогенсодержащие углеводороды — 0,4. Для фенолов и их не содержащих галогенов производных отношение БПК_{полн}/ХПК составляет 0,5...0,75, а для альдегидов и кислот — 0,6...0,95. Степень биохимического окисления серо- и азотсодержащих соединений весьма различна — от 0,02 до 0,95 [6].

Исходя из сказанного выше, можно сделать вывод, что многие поллютанты не окисляются при биологических методах очистки или не извлекаются механически. Проходя через очистные сооружения, они попадают в водоемы, ухудшая их санитарное состояние и вызывая необходимость специальной глубокой очистки воды перед использованием ее для хозяйственно-питьевых и некоторых промышленных целей. Аналогичные проблемы возникают при организации замкнутых систем водного хозяй-

ства промышленных предприятий. Сорбционный метод обеспечивает максимальную очистку, однако является наиболее дорогостоящим. Практика очистки сточных вод показывает, что расходы на сорбционную очистку воды составляют до 30% от общей стоимости.

Одним из наиболее опасных органических веществ, загрязняющих среду обитания, является нефть, состоящая почти из 300 ингредиентов. Поэтому чрезвычайно велико токсическое действие нефти и нефтепродуктов на растения и живые организмы, а также на абиотические компоненты окружающей среды. Другим важным фактором является способность нефти, особенно ее легких фракций, с большой скоростью растекаться по поверхности воды, образуя тонкую пленку большой площади. Вследствие этого разливы нефти на воде считаются более опасными, чем на почве, где она до определенной степени удерживается частицами почвы [1, 3].

Для водоемов с поступлением в них сточных вод, содержащих нефтепродукты, можно выделить следующие формы содержания нефти в водной среде: плавающую (свободную), растворенную (до 2 мг/л) и эмульгированную.

Свободная нефть плавает на поверхности открытых водоемов либо, просачиваясь через грунт, образует на поверхности подземных водоносных горизонтов так называемые линзы (техногенные месторождения) [3].

Запахи нефти в воде ощущаются уже в небольших концентрациях: пороговые концентрации для большинства нефтей и нефтепродуктов составляют 0,1—0,3 мг/л. Принятое суммарное содержание нефтепродуктов в водоемах рыбохозяйственного назначения в соответствии с ОСТ 38.01378—85 составляет 0,05 мг/л [4, 5].

В настоящее время имеется значительный арсенал методов ликвидации нефтяных загрязнений почвы, поверхностных и подземных вод. Их анализ показывает, что качественное удаление нефтяных загрязнений не обходится без различных сорбентов, а сорбционная очистка воды является одним из наиболее эффективных. К преимуществам сорбционного метода относятся: возможность удаления загрязнений чрезвычайно широкой природы прак-



тически до любой остаточной концентрации независимо от их химической устойчивости, отсутствие вторичных загрязнений и управляемость процессом. Предварительная очистка воды перед сорбцией снижает расход сорбентов [6].

В мировой практике ликвидации разливов нефти насчитывается около 200 сорбентов, которые можно классифицировать по разным признакам. В зависимости от вида загрязнения все известные сорбенты можно разделить на два класса.

1. Сорбенты для сбора аварийно разлитой нефти с поверхности почвы или воды (плавающие или расстеленные по поверхности), имеющие незначительную плотность, а насыпная плотность значительно меньше истинной плотности. Такие сорбенты имеют значительную (до 25 кг/кг) сорбционную емкость, регенерация осуществляется посредством отжима на прессах [3].

2. Сорбенты для очистки и доочистки от нефти и нефтепродуктов сбрасываемых сточных вод в водоемы и водотоки в условиях производства. Они, как правило, имеют незначительную (по сравнению с вышеупомянутыми) сорбционную емкость и значительно большую плотность. Таковы угли различных сортов [7] (природные и активированные), графит и шунгиты [8].

Для сорбционной очистки воды используют множество материалов естественного и искусственного происхождения [2, 3, 7, 8]. Идея о применении дешевых углеродных, органических и минеральных сорбентов, а также различного рода отходов для очистки воды всегда актуальна из-за низкой рентабельности систем очистки сточных вод. Однако, несмотря на интенсивные поиски заменителей, пока не удалось найти материала, который был бы столь эффективен в качестве сорбента, как активированные угли (АУ).

Активированные угли — это пористые твердые тела, пустоты которых соединены между собой так, что структура их напоминает структуру древесины. В зависимости от условий формирования все АУ обладают моно- или полидисперсной структурой.

Они состоят из множества беспорядочно расположенных микрокристаллов графита, образовавшихся в результате сочетания углеродных атомов при нагреве углеродсодержащего сырья. Размеры этих кристаллов составляют 1,8...2,6 нм в диаметре и 0,7...1 нм по высоте.

Была изучена возможность использования некоторых углеродсодержащих сорбентов (природных и обработанных), таких как граносит, антрацит, шунгит, и сравнена с активированными углями различных марок.

Динамическую емкость сорбента определяли путем пропускания раствора керосина концентрацией 49,5 мг/дм³ через колонку диаметром 10 мм с сорбентом объемом 15...26 мл и высотой слоя 190...325 мм [1]. В опытах исследовались четыре образца активированных углей (БАУ-А, БАУ-А после регенерации (БАУ-рег), КАД-йодный, АГ-3) фракции 1,6...2,6 мм. Для сравнения исследовали природные и синтетические сорбенты: железомарганцевые конвекции (ЖМК), шунгит, антрацит и граносит А (табл. 1).

Подготовка адсорбента к исследованиям складывалась из следующих операций:

- 1) обеспыливание адсорбента рассевом на сите отверстиями 0,1 мм в течение 3 мин;
- 2) трехкратное кипячение в дистиллированной воде по 15 мин;
- 3) сушка на стекле при температуре 110 °С в течение суток в слое 3...5 мм;
- 4) сушка в бюксах непосредственно перед экспериментом при 110 °С в течение 2 ч;
- 5) охлаждение в эксикаторе;
- 6) взвешивание с точностью до 0,2 мг;
- 7) насыщение парами воды в емкости с влажностью воздуха 85...98 %.

Скорость пропускания элюента через колонки: для углей — 2 мл/мин (1,53 м/ч), для других сорбентов — 1,5 мл/мин (1,14 м/ч). Массовую концентрацию нефтепродуктов (керосина) в анализируемой пробе определяют флуориметрическим методом, основанным на экстракции нефтепродуктов

Таблица 1

Параметры сорбентов

Парметр	Сорбент							
	Граносит А	Антрацит	Шунгит	ЖМК	КАД-йодный	АГ-3	БАУ-А	БАУ-рег
Масса, г	18,5	19,7	23,6	15,2	7,9	8,2	6,0	5,1
Высота слоя, см	26,0	28,6	25,7	31,4	23,5	19,0	32,5	30,2
Объем сорбента, см ³	20,4	22,4	20,2	24,7	18,5	14,9	25,6	23,7
Насыпная плотность, г/дм ³	906	879	1170	616	428	551	236	215
Плотность твердой фазы, г/дм ³	1635	1662	2045	1677	906	1225	862	854
Порозность	0,45	0,47	0,43	0,63	0,53	0,55	0,73	0,75



Таблица 2

Результаты экспериментов

Параметр	Сорбент							
	Граносит А	Антрацит	Шунгит	ЖМК	КАД-йодный	АГ-3	БАУ-А	БАУ-рег
ДООЕ, мг/г	5,27	4,85	11,7	3,33	156,6	382	237	234
ПДООЕ, мг/г	6,9	6,43	49,5	8,02	178,6	428	279	271

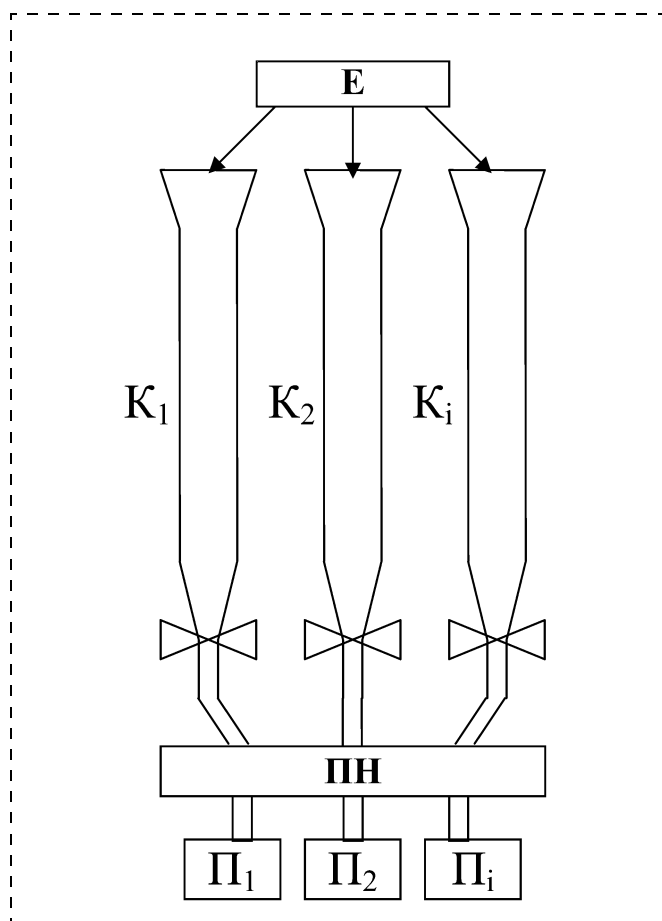


Рис. 1. Лабораторная установка для адсорбционной и ионообменной обработки сточных вод:

Е — емкость с исходной водой; $K_1...K_i$ — колонки с адсорбентом; ПН — перистальтический многоканальный насос; $П_1...П_i$ — обработанные пробы воды для анализа

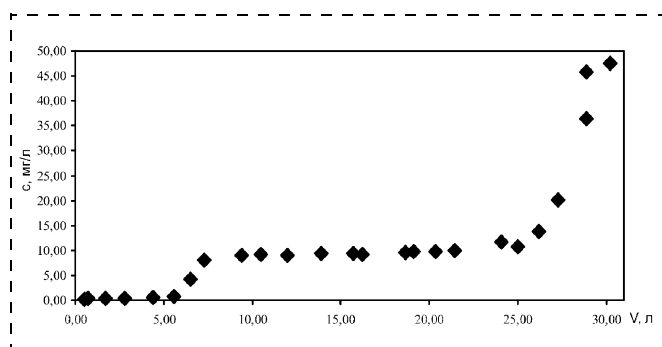


Рис. 2. Выходная кривая адсорбции керосина на шунгите

Н-гексаном 0 сорта и измерении интенсивности флуоресценции экстракта на анализаторе жидкости "Флюорат-02-3М" [4, 5]. Диапазон измерений концентраций по керосину 0,05...500 мг/дм³.

Лабораторная установка для адсорбционной обработки сточных вод представлена на рис. 1. При исследовании определяли динамическую объемную емкость до проскока (ДООЕ) 0,05 мг/л (ПДК для рыбохозяйственных водоемов) и 0,3 мг/л (ПДК для хозяйственно-питьевого водопользования) и полную динамическую объемную емкость (ПДООЕ).

Результаты эксперимента (табл. 2) показали, что у сорбентов антрацит, граносит А, ЖМК параметры ДООЕ и ПДООЕ достаточно малы, поэтому эти сорбенты не рекомендуется использовать для очистки сточных вод от нефтепродуктов, так как проскок наступит достаточно быстро после начала работы адсорбента. Значительно выше оказалась ПДООЕ у шунгита, однако она меньше таковой у активированных углей в 3,6...8,6 раза. Следует отметить, что выходная кривая сорбции в динамическом режиме у шунгита имеет нехарактерный вид (рис. 2). После проскока концентрация на выходе повышается до 10 мг/л и остается постоянной в течение длительного промежутка времени, после чего постепенно выходит на исходное значение. Это говорит о том, что емкость до проскока может быть значительно выше (44,2 мг/г) при более низкой скорости фильтрования.

Активированные угли могут быть расположены в порядке убывания сорбционной способности в следующий ряд: АГ-3 > БАУ > КАД-йодный. Следует отметить, что после регенерации сорбционная емкость активированного угля марки БАУ снижается незначительно.

Таким образом, использование шунгита в качестве сорбента для очистки воды от нефтепродуктов может быть перспективно, несмотря на более низкую сорбционную способность. Шунгит является дешевым природным материалом, не требующим специальной подготовки перед сорбцией. В качестве фильтрующего материала целесообразно использовать мелкую фракцию конкреций с размером гранул 1...3 мм.

Список литературы

1. Аренс В. Ж., Гридин О. М., Яншин А. Л. Нефтяные загрязнения: как решить проблему // Экология и промышленность России. — 1999. — № 9. — С. 33–35.
2. Архипов В. С., Маслов С. Г. Применение торфа для доочистки сточных вод от нефтепродуктов // Материалы научно-практ. конф. "Химия и химическая технология на рубеже тысячелетий", посвященной 100-летию химико-технологического факультета ТПУ. Томск, 3–4 октября 2000 г. — Томск, 2000. — Том 1. — С. 177.
3. Бачерникова С. Г., Есенкова Н. П., Михалькова А. И. Сорбирующие, нетканые материалы для сбора и утилизации нефти и нефтепродуктов // Проблемы, способы и средства защиты окружающей среды от нефти и нефтепродуктов: Тез. докл. 3-й Науч.-техн. конф. Москва, 6–9 апреля 1999. — М., 1999. — С. 127–130.
4. ПНД Ф 14.1:2:4.128–98. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в природной, питьевой и сточной воде флуориметрическим методом на анализаторе жидкости "ФЛЮОРАТ-02". — М., 1998. — 17 с.
5. Петров С. И., Тюмягина Т. Н., Василенко А. П. Определение нефтепродуктов в объектах окружающей среды // Заводская лаборатория: диагностические материалы. — 1999. — № 9. — С. 3–19.
6. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды. — Л.: Химия, 1982. — 168 с.
7. Ступин А. Б., Жерякова Г. И. Адсорбция нефтепродуктов и воды длиннопламенными углями Донбасса и углеродными сорбентами // Химия твердого топлива. — 2000. — № 5. — С. 60–66.

УДК 636.085.7:036.94

Н. В. Рыбалкина, асп., **В. В. Киреева**, д-р биол. наук, проф.,
Ростовская-на-Дону государственная академия
сельскохозяйственного машиностроения

Изучение безвредности корма для животных, полученного нетрадиционным способом

Рассмотрен способ утилизации побочных продуктов фракционирования вегетативной массы многолетних бобовых трав, позволяющий получать корм для сельскохозяйственных животных, не уступающий по своим показателям традиционным и являющийся безопасным для организма животного.

Одним из путей в решении проблемы сокращения дефицита белка в рационах животных является приготовление кормов из вегетативной массы сеяных трав. Среди них бобовые многолетние травы, характеризующиеся самым высоким содержанием белка, являются трудносилосуемым сырьем именно в силу повышенного содержания протеина, а также высокой влажности. Приготовление из них доброкачественного корма, не уступающего по питательности исходной вегетативной массе, возможно только их силосованием после проявливании до 30...40 % сухих веществ с использованием химического консервирования. Но при проявливании в полевых условиях неизбежно загрязнение массы землей, потери до 10...15 % сухих веществ, а при подборе и транспортировке массы теряется самая ценная часть — молодые листья. В связи с этим зачастую корм из бобовых трав получается низкого качества.

При использовании химических консервантов существует опасность попадания их вместе с кор-

мом в организм животных. Согласно имеющимся данным даже низкие дозы консервантов способны накапливаться в организме и влиять на продуктивность животных и здоровье их последующих поколений [1].

Снижение влажности силосуемой массы может быть достигнуто механическим путем. В результате отжима вегетативная масса разделяется на пресс-остаток и клеточный сок. В кормопроизводстве из клеточного сока получают протеиновые зеленые концентраты, использующиеся в кормлении сельскохозяйственных животных. Остающийся в виде побочного продукта пресс-остаток может быть ценным сырьем для приготовления кормов для животных, так как в нем содержится 55...75 % протеина и других питательных веществ от их количества в исходной листостебельной массе.

Применяемые в кормопроизводстве технологические варианты заготовки сенажа с предварительным частичным обезвоживанием листостебельной массы осложняются тем, что снизить ее влажность до величины, требуемой для закладки на сенаж (45...60 %), механическим способом сложно. При однократном статическом сжатии, а также многократном прессовании на шнековых прессах не удается разрушить все сокосодержащие структуры и уменьшить влажность ниже 59...60 %. За 2...3 отжима оказывается возможным уменьшить влажность с 75...80 % лишь до 62...65 %.



Содержание протеина в пресс-остатке снижается со снижением влажности за счет удаления сока. При этом энергозатраты на процесс отжима резко возрастают. При удалении сока из вегетативной массы на волокнистых структурах пресс-остатка остается часть влаги в виде поверхностной пленки. Ее количество, так называемое влагосодержание, зависит от степени разрушения растительных микроструктур. После выхода жома из пресса возможно снижение его влажности перед закладкой на сенаж с помощью искусственной сушки до необходимой величины. Распространенным в кормопроизводстве методом сушки овощей является конвективный, основанный на удалении влаги низкотемпературной обработкой.

Листостебельная биомасса растений в качестве естественных компонентов содержит вещества, которые могут загрязнять получаемые из нее продукты. Наибольшую опасность представляют естественные и антропогенные загрязнители, поступающие из окружающей среды. Это применяемые в сельском хозяйстве пестициды, различные виды удобрений; антибиотики, гормоны, а также соединения тяжелых металлов и токсических элементов [2]. Большую опасность представляет возможность загрязнения кормов токсическими метаболитами бактерий, плесневых и микроскопических грибов — бактериальными и микотоксинами. В стадии вегетации бобовые растения часто подвергаются болезням, вызываемым грибами и бактериями (ржавчина, аскохитоз, мучнистая роса, белая и черная гниль), среди которых встречаются штаммы, являющиеся продуцентами токсинов, опасных для людей и животных [3].

Наиболее опасными и продуцируемыми в больших количествах являются микотоксины некоторых штаммов плесневых грибов *Aspergillus flavus* и *A. parasiticus* — афлатоксины [3]. Из них наиболее активным является афлатоксин B_1 , он обычно синтезируется в большом количестве, его LD_{50} для различных животных составляет 0,3...2,0 мг/кг массы тела.

Скошенное растение является хорошей питательной средой для многих микроорганизмов, в связи с чем на ней быстро развиваются разнообразные бактерии, грибки и, главным образом, плесени, которые разлагают питательные вещества и витамины корма. Распад белков и углеводов до конечных продуктов (аммиак, вода и углекислый газ) происходит также под действием ферментов клеточного сока, и питательная ценность корма при хранении снижается.

В процессе отжима вегетативной массы продукты ее фракционирования, в том числе пресс-остаток, обсеменяются микроорганизмами растений, технологического оборудования, окружающей сре-

ды, что также ведет к снижению качества продукта при его хранении [4].

Вследствие этого актуальным является поиск эффективных способов приготовления безвредных для животных кормов из многолетних бобовых трав, обладающих кормовой ценностью.

На кафедре "Безопасности жизнедеятельности и химии" Ростовской-на-Дону государственной академии сельскохозяйственного машиностроения (РГАСХМ) ведутся исследования по разработке эффективного способа утилизации побочных продуктов фракционирования вегетативной массы растений с получением кормов для сельскохозяйственных животных, не уступающих по своим показателям традиционным и являющихся безопасными для организма животного [6, 7].

Переработка листостебельной массы производится методом влажного фракционирования. При этом биомасса подвергается дезинтеграции и отжиму на двухшнековом прессе АПК-31, а также на прессовой установке Р-10, разработанной сотрудниками Донского государственного университета и РГАСХМ. Для отжима растительного сырья используется разработанная компрессионная камера с внутренним диаметром 0,1 м, представляющая собой цилиндр, в боковой поверхности которого расположены отверстия диаметром 0,003 м. Внутри цилиндра под действием усилий перемещается шток с латунным поршнем. Прессование производится при давлении 0,5 МПа в течение 10 с. В результате прессования происходит механическое разделение зеленой массы на пресс-остаток и клеточный сок. Сбор выделенного сока производится в металлический резервуар, сок в дальнейшем использовался для приготовления протеиновых зеленых концентратов (ПЗК).

В качестве побочного продукта фракционирования образуется отжатая масса — пресс-остаток. Его утилизация может производиться способами силосования с использованием консервантов и без их применения [6].

В целях изучения возможности сочетания двух различных способов снижения влажности материала в одном процессе (механический отжим и конвективная сушка) разработан способ обезвоживания пресс-остатка люцерны в установке конвективной низкотемпературной сушки до величины, требуемой для закладки на сенаж с последующим сенажированием [7].

В исследованиях, результаты которых рассматриваются в данной статье, изучались показатели безвредности силоса и сенажа, полученные при использовании различных способов снижения влажности материала, консервирования, применения



низкотемпературной сушки пресс-остатка перед закладкой на сенаж.

Так, изучалась токсикологическая характеристика кормов, приготовленных следующими способами:

силосования вегетативной массы люцерны, проявленной до влажности 65,53; 68,14 и 74,45 %;

консервирования проявленной массы муравьиной кислотой, применяемой в кормопроизводстве и обеспечивающей лучшую сохранность питательных веществ при хранении корма;

силосования пресс-остатка, отжатого до влажности 65,4 %; 67,73 %; 72,17%;

консервирования пресс-остатка, полученного после механического отжима вегетативной массы люцерны до влажности 72,17 %, муравьиной кислотой;

сенажирования пресс-остатка с исходной влажностью 72,17 % после обезвоживания в установке конвективной низкотемпературной сушки до величины, требуемой для закладки на сенаж.

Все виды кормов закладывались на хранение продолжительностью хранения 6 мес., по истечении которых корм был подвергнут анализу и токсикологической оценке.

При проведении исследования альтернативные источники кормового белка и получаемые продукты рассматривались в сравнении с традиционно применяемыми кормами в качестве возможных носителей токсических антиалиментарных и других нежелательных веществ природного и антропогенного происхождения. При этом предполагалось, что при получении кормовых средств должно выполняться главное требование, предъявляемое к рекомендуемым для скармливания продуктам, — безвредность для животного.

В разработанных технических требованиях на кормовые продукты растительного происхождения [5] регламентировано содержание ионов тяжелых

металлов и токсических элементов, хлорорганических пестицидов, а также токсических и потенциально токсических микроорганизмов — грибов, плесеней, термофильных групп микроорганизмов (энтерококков, спорозоносных аэробных бактерий), бактерий группы кишечной палочки, анаэробных сульфитредуцирующих бактерий, стафилококков, сальмонелл и их токсинов.

При проведении токсикологической оценки полученных продуктов из вегетативной массы люцерны определяли количество и видовой состав бактерий, дрожжей, микроскопических грибов и их токсинов, остаточное содержание ионов тяжелых металлов и токсических элементов, хлорорганических пестицидов.

Микробиологическую оценку кормов, полученных из проявленной массы, пресс-остатка люцерны при их консервировании муравьиной кислотой и после частичного обезвоживания низкотемпературной сушкой, проводили в сравнении с микробиологическим фоном исходной листостебельной биомассы. Так как в биомассе, заложенной на хранение без консервантов, уже через 4 месяца наблюдалось плесневение, то микробиологическая характеристика корма изучалась более подробно — во всех вариантах опытов проявлялись до различной степени обезвоживания.

Изучение бактериального состава показало, что в исходной листостебельной массе общее число аэробных бактерий было равно $1,98 \cdot 10^5$ микробных тел на 1 г абсолютно сухого вещества (АСВ), что было выше установленной нормы для протеиновых зеленых концентратов (ПЗК — 10^5 микробных тел) [5] (табл. 1).

Среди обнаруженных бактерий преобладали мезофильные аэробные формы — представители рода *Erwinia* и группы кишечной палочки *Escherichia coli*

Среднее количество микробных тел на 1 г АСВ в кормах

Таблица 1

Препарат	Общее количество аэробных бактерий	Общее количество плесневых грибов и дрожжей	Бактерии	
			группы кишечной палочки <i>E. coli</i>	рода <i>Erwinia</i>
Исходная листостебельная масса	$1,98 \cdot 10^5$	$1,52 \cdot 10^2$	$1,82 \cdot 10^3$	$3,71 \cdot 10^2$
Силос из массы, проявленной до СВ = 34,47 %	$1,68 \cdot 10^3$	$1,17 \cdot 10^3$	0	0
Силос из массы, проявленной до СВ = 31,86 %	$1,77 \cdot 10^3$	$1,12 \cdot 10^3$	0	0
Силос из массы, проявленной до СВ = 25,55 %	$1,83 \cdot 10^3$	$1,10 \cdot 10^3$	0	0
Силос из проявленной массы, законсервированной муравьиной кислотой	$1,15 \cdot 10^3$	86	0	0
Силос из пресс-остатка, законсервированный муравьиной кислотой	$1,53 \cdot 10$	55	0	0
Сенаж из пресс-остатка после низкотемпературной сушки	$1,3 \cdot 10^3$	75	0	0
ПДК для протеиновых зеленых концентратов [4]	10^5	10^2	Не допускается	Не допускается



(*E. coli*). Известно, что бактерии рода *Erwinia* являются эпифитными для бобовых [1] и не могут стать причиной снижения качества корма. Присутствие кишечной палочки, вероятно, было связано с обработкой почвы под люцерну органическими удобрениями.

При силосовании проявленной вегетативной массы и пресс-остатка создавались условия для снижения бактериальной обсемененности кормов. Снижение pH в силосуемой массе приводило к прекращению роста и гибели микроорганизмов. В результате в кормах, полученных всеми использованными способами, количество аэробных бактерий составляло $1,3 \cdot 10^3 \dots 1,83 \cdot 10^3$ микробных тел на 1 г АСВ, бактерии рода *Erwinia* группы *E. coli* не высевались. Выделенные в кормах термостойкие микроорганизмы не превышали установленные требования [5]. Патогенные бактерии, в том числе сальмонеллы, в полученных кормах не высевались.

При изучении микологической обсемененности установлено, что в исходной вегетативной массе, а также кормах, полученных из проявленной массы при различной влажности без введения консервантов, общее количество диаспор дрожжей и плесневых грибов составляло $1,1 \cdot 10^3 \dots 1,17 \cdot 10^3$ микробных тел на 1 г АСВ, что превышало предельно допустимую величину для ПЗК (10^2 микробных тел на 1 г АСВ) [5].

В корме, полученном из законсервированного муравьиной кислотой пресс-остатка и проявленной массы, а также из частично обезвоженного низкотемпературной сушкой пресс-остатка, общее коли-

чество плесневых грибов и дрожжей было ниже установленных для ПЗК требований и составляло 55...86 микробных тел на 1 г АСВ корма (см. табл. 1). Гибель сапрофитной микофлоры вызывалась быстрым сдвигом pH при введении муравьиной кислоты и объяснялась также тем, что муравьиная кислота, обладая сильным консервирующим эффектом, подавляла развитие нежелательной грибной флоры. Снижение влажности материала низкотемпературной сушкой приводило к замедлению роста плесневых грибов и дрожжей и уменьшению заражения корма по сравнению с исходной массой.

Видовой состав обнаруженных в биомассе микроскопических грибов представляли различные виды плесневых грибов *Aspergillus*, *Penicillium*, мукоровых, обитающих в почве, а также рода *Alternaria* (табл. 2).

При изучении количества грибов выявленных родов установлено, что из кормов, приготовленных с использованием консервантов и низкотемпературного досушивания, они высевались в незначительных количествах или полностью отсутствовали (см. табл. 2). Отмечено, что в силосе, приготовленном из проявленной массы, содержание плесневых грибов было выше, чем в силосе из пресс-остатка. Это объяснялось тем, что пресс-остаток имел более однородную массу, более плотно укладывался на хранение, что способствовало уменьшению доступа воздуха и развития плесневых грибов.

Остальные штаммы грибов рода *Aspergillus* являются продуцентами токсинов. Так, штаммы *A. flavus* синтезируют афлатоксин B_1 , опасный для животных, и его количество в растительных продуктах регла-

Таблица 2

Количество диаспор дрожжей и плесневых грибов (в 1 г АСВ) в полученных кормах

Продукт	<i>Aspergillus fumigatus</i>	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Aspergillus flavus</i>	<i>Aspergillus nidulans</i>	<i>Aspergillus glaucus</i>	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Mucor sp.</i>	<i>Alternaria sp.</i>
Исходная вегетативная масса люцерны	11,6	23,8	$1,38 \cdot 10^2$	4,7	3,1	$1,1 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^2$	9,7
Силос из массы, проявленной до СВ = 34,47 %	73	21	95,3	36	16	$2,5 \cdot 10^2$	27	23
Силос из массы, проявленной до СВ = 31,86 %	64	7	46,7	5,3	4,2	$1,7 \cdot 10^2$	4	12
Силос из массы, проявленной до СВ = 25,55 %	78,2	5,3	37,2	5	2	$1,4 \cdot 10^2$	2	11
Силос из проявленной массы, законсервированной муравьиной кислотой	18	2	26	0	0	34	2	2
Силос из пресс-остатка, обезвоженного СВ = 34,60 %	23	12	23	16	7	25	8	6
Силос из пресс-остатка, СВ = 32,37 %	25	7	16	5	5	18	4	4
Силос из пресс-остатка, СВ = 27,83 %	45	9	18	15	8	20	7	6
Силос из пресс-остатка, законсервированный муравьиной кислотой	17	9	15	0	0	5	0	4
Сенаж из пресс-остатка после низкотемпературного досушивания	21	13	18	0	0	3,5	8	11



Таблица 3

Содержание ионов тяжелых металлов и мышьяка (мг/кг АСВ) в кормах из проявленной вегетативной массы и пресс-остатка

Препарат	Содержание металлов, мг/кг АСВ					
	Cu	Pb	Cd	Hg	Zn	As
Вегетативная масса люцерны	9,1	0,61	0,17	0,011	43,6	0,023
Силос из проявленной массы до СВ = 34,47 %	9,1	0,62	0,18	0,010	43,7	0,023
Силос из проявленной массы до СВ = 31,86 %	9,0	0,60	0,18	0,01	43,6	0,022
Силос из проявленной массы до СВ = 25,55 %	9,1	0,61	0,16	0,01	43,5	0,020
Силос из проявленной массы, законсервированной муравьиной кислотой	9,1	0,60	0,17	0,01	43,5	0,021
Силос из пресс-остатка, законсервированного муравьиной кислотой	8,1	0,57	0,15	0,01	42,5	0,018
Сенаж из пресс-остатка после досушивания	8,2	0,53	0,07	0,01	42,4	0,018
ПДК для кормов из зернобобовых [6]	10,0	1,0	0,1	0,03	50,0	0,2

ментировано [8]. При исследовании полученных кормов афлатоксин B_1 обнаружен не был. Это объяснялось тем, что его продуценты — грибы *Aspergillus flavus* — содержались в незначительном количестве или в их составе отсутствовали штаммы, способные выделять токсины.

Результаты определения степени загрязненности кормов ионами тяжелых металлов и мышьяка показали, что в листостебельной массе, а также во всех вариантах приготовления кормов из нее и пресс-остатка ионы свинца, кадмия, меди, ртути, цинка и мышьяка присутствовали в количествах, не превышающих установленных норм (табл. 3).

Изучение остаточного содержания хлорорганических пестицидов — альдрина, гептахлора, гексахлорциклогексана (ГХЦГ) и ДДТ — проводили с учетом требований, предъявляемых к смесям растительного сырья [9]. Во всех исследованных препаратах содержание пестицидов отвечало требованиям: гептахлор и альдрин отсутствовали, содержание гексахлорциклогексана составляло 0,17 мг/кг (в норме не более 0,2 мг/кг), ДДТ — 0,012...0,014 мг/кг (в норме 0,2 мг/кг) [6].

Таким образом, приготовление кормов из пресс-остатка люцерны с помощью консервирования муравьиной кислотой и сенажирования после низкотемпературной сушки обеспечивало снижение контаминации полученных кормов по сравнению с листостебельной массой бактериями, дрожжами и микроскопическими грибами ниже регламентированного уровня.

Патогенные бактерии в кормах не высевались. Количество аэробных бактерий, микроскопических грибов не превышало предельно допустимого уровня. Афлатоксин B_1 в кормах не обнаружен. Загрязненность полученных кормов ионами тяжелых

металлов, мышьяка и хлорорганическими пестицидами не превышала установленных норм.

Разработка нетрадиционного способа переработки вегетативной массы растений с утилизацией побочного продукта обеспечивает не только получение доброкачественного, экологически безопасного корма для животных, но и повышение комплексности использования сырья и сокращения отходов в сельскохозяйственном производстве.

Список литературы

1. Победнов Ю. А. Вторичная ферментация и аэробная порча силоса: причины возникновения и способы устранения // Кормопроизводство. — 2005. — № 11. — С. 24—29.
2. Зудилин С. Н., Толпекин А. А. Накопление травами тяжелых металлов // Кормопроизводство. — 2005. — № 9. — С. 30—32.
3. Новиков Ю. Ф., Коганов М. М., Цорин Б. Л. Микробиологический фон белковых концентратов из листостебельной массы люцерны // Микробиологический журнал. — 1987. — № 5. — С. 27—30.
4. Тутельян В. А., Кравченко А. В. Микотоксины. — М.: Медицина, 1985. — 317 с.
5. Промышленный технологический регламент производства протеиновых концентратов из зеленых растений. — Запорожье, 1988. — 79 с.
6. Киреева В. В. Технология комплексной переработки растительного сырья с получением пищевых белковых добавок // Изв. вузов. Пищевая технология. — 2004. — № 5. — С. 48—49.
7. Киреева В. В., Рыбалкина Н. В. Утилизация пресс-остатка вегетативной массы люцерны с получением кормов для жвачных // 9 Международная научно-практическая конференция "Техносферная безопасность, надежность, качество, энерго- и ресурсосбережение". Шепси, 2007. — Ростов-на-Дону, 2007. — С. 42—46.
8. СанПиН 2.3.2.1078—01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. — М., 2002. — 207 с.
9. Методические указания по определению пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде. — М., 1982. Ч. XII. — 44 с.



УДК 614.842.615

Х. А. Тайсумов, д-р техн. наук, проф.,
В. П. Назаров, д-р техн. наук, проф., **В. А. Орехов**,
Академия ГПС МЧС России, г. Москва

Экологические аспекты применения стабилизаторов термостойкой пены системы "АЛИТ" с пенообразователями для тушения пожаров

Рассмотрены экологические аспекты применения стабилизаторов термостойкой пены системы "АЛИТ" с пенообразователями общего назначения для тушения пожаров. Стабилизаторы пены позволяют сократить расходование поверхностно-активных веществ с использованием природной воды любой степени жесткости и солевым содержанием более чем в 4 раза. Термостойкая пена отличается высокой устойчивостью к полураспаду 12 ч и более вместо 4 мин, устойчивостью к тепловому излучению и открытому пламени, что позволяет рекомендовать ее для профилактики пожаров.

Поверхностно-активным веществам (ПАВ) в последние годы принадлежит ведущее место среди химических веществ, загрязняющих источники питьевого, хозяйственного и рыбопромыслового водопользования. Высокая токсичность ПАВ для флоры и фауны в воде показана многими исследователями. У большинства ПАВ наблюдается узкий интервал между токсической и нетоксической концентрациями для водных организмов, поэтому достаточно незначительного повышения содержания ПАВ в воде, чтобы нанести ощутимый ущерб биоценозу.

Попадая в водоемы, ПАВ в виде синтетических моющих средств (СМС) или пенообразователей для пожаротушения нарушают санитарный режим, истощают запас растворимого в воде кислорода, повышают концентрацию нефтепродуктов и токсичных малорастворимых веществ за счет их эмульгирования. На опасность присутствия ПАВ в воде указывает и то, что пестициды, фосфаты и другие высокотоксичные вещества, которые могут попасть в питьевую воду с небольшими количествами ПАВ, в присутствии последних всасываются в кровь быстрее и в больших количествах.

Существенными недостатками современных пенообразователей общего назначения, применяемых для тушения пожаров, являются:

1) высокая концентрация ПАВ в рабочих растворах (6 %) при получении пены и смачивателей (2 %) при относительно низкой концентрации ПАВ (26 %) в самих пенообразователях, что требует привлече-

ния на пожар значительного количества техники и людей;

2) относительно небольшие сроки гарантийного хранения биологически мягких пенообразователей вследствие их высокой степени (более 90 %) био-разлагаемости;

3) ограниченная возможность применения пены в качестве профилактического средства предупреждения пожаров и на пожарах в городских условиях из-за сложности доставки к месту горения среднечастотной пены;

4) низкая эффективность применения пенообразователей при тушении пожаров с использованием жесткой и морской воды.

Статистические данные прошлых лет по нашей стране показали, что пенообразователи при тушении пожаров использовались в 14 % случаев в виде растворов смачивателей и лишь 1 % из них — в виде собственно пены.

Предлагается уникальная, экологически чистая продукция — стабилизаторы термостойкой пены системы "АЛИТ" в комбинации с пенообразователями общего назначения.

Термостойкая пена качественно отличается от обычной. Высокая устойчивость ее к полураспаду (12 ч и более вместо 4 мин), устойчивость к тепловому излучению и открытому пламени позволяют применять пену не только для тушения пожара, но и в качестве профилактического средства при проведении аварийно-спасательных работ для теплового и искрового экранирования защищаемых объектов, для пылеподавления и дегазации.

Стабилизаторы применяют в 6 %-ной (есть варианты 4- и 3 %-ной) объемной концентрации в воде при 1,5 %-ной концентрации пенообразователя (ПО-1,5К). Температура замерзания стабилизатора и пенообразователя может быть выбрана потребителем из набора существующих средств или с учетом ранее приобретенного пенообразователя. Для северных широт стабилизатор пены может быть изготовлен в виде несслеживающегося порошка, а пенообразователь — концентрата с температурой замерзания не выше минус 40 °С.

Пенообразующий состав может применяться с природной водой любой степени жесткости и солевым содержанием с уменьшением концентрации ПАВ в рабочем растворе в 4 раза.

Состав может использоваться с криогенными солевыми системами при температуре рабочего раствора до -30°C .

Низкократная термостойкая пена может быть подана со значительных расстояний от очага горения, способна удерживаться на вертикальных поверхностях, что важно для эффективности тушения как торфяных, так и лесных пожаров. Для получения термостойкой пены используют стандартную противопожарную технику и аппаратуру.

Поставка стабилизатора термостойкой пены и модифицированного пенообразователя в эквивалентных соотношениях экономически выгодна потребителю, поскольку новое качество (целевое назначение) потребитель получает по стоимости пенообразователя общего назначения.

Стабилизаторы термостойкой пены позволяют использовать утратившие стандартные свойства концентрированные и разбавленные растворы пенообразователей без предварительной их регенерации.

Разработка предлагаемых к применению стабилизаторов термостойкой пены "АЛИТ" осуществлялась в соответствии с ГОСТ 15.001-88. Огнетушащая эффективность термостойкой пены была подтверждена актами испытаний составов на полигонах многих городов. Все составляющие комбинированных пенообразователей сертифицированы и обладают необходимой технической документацией.

Ниже приведен список наиболее известных отечественных пенообразователей, используемых для тушения пожаров.

Общего назначения: ТЭАС; ПО-6 ОСТ марка 1; ПО-3 ОСТ марка 1; ПО-6 ТС марка А; ПО-6 ТС марка В, ПО-3 НП; ПО-6 У; ПО-6 РП; для северных регионов — ТЭАС-Н; ТЭАС-С; ПО-6 ОСТ марка 2; ПО-3 ОСТ марка 2; ПО-6 УМ, ПО-6 ЦНТ; ПО-6 МТ; ПО-6 ЦСТ марка 2.

Целевого назначения: ПО-6 ЦСТ марка 1; ПО-6 ЦТ; ПО-6 ТС-В; ПО-6 НП; "Лесной"; ПО-6 ЦБ; для авиации — ПО-6 ЦВУ; ПО-6 РЗА; для морского флота — Морпен; ПО-6 ТС-М; ПО-6 НП-М и многие другие преобразователи.

Наиболее дешевыми из перечисленных выше пенообразователей являются пенообразователи общего назначения, предназначенные для тушения пожаров классов: А — пожар твердых сгораемых материалов и В — пожар жидкостей или плавящихся при нагревании твердых веществ.

В последние годы продажа пенообразователей осуществлялась по договорным ценам в зависимо-

сти от объемов поставок. В соответствии с ростом цены на нефть и энергоресурсы стоимость пенообразователей имеет тенденцию к увеличению.

В сводной таблице приведены сопоставительные данные свойств различных групп пенообразователей и комбинированных составов с использованием пенообразователей общего назначения со стабилизаторами термостойкой пены системы "АЛИТ".

Данные таблицы показывают, что использование стабилизаторов термостойкой пены системы "АЛИТ" благодаря высокой устойчивости пены позволяют

Сопоставительные данные различных групп пенообразователей и комбинированных составов с использованием пенообразователей общего назначения со стабилизаторами термостойкой пены системы "АЛИТ"

Группы пенообразователей	Температура застывания, $^{\circ}\text{C}$	Концентрация рабочего раствора, %	Устойчивость пены	Применимость пенообразователя на морской воде
Общего назначения ПО-6 ТС (А) ПО-6 НП ТЭАС	-3 -8 -6	6 6 6	220 с 4 мин 4 мин	Не применяются
Для севера ТЭАС-С ПО-6 МТ	-20 -20	6 6	Нет данных 170 с	Не применяются
Целевого назначения ПО-6 НП ПО-6 ЦТ САМПО	-8 -8 -10	6 6 6	170 с 10 мин 13 мин	Не применяются
Для морского флота Морской ПО-6НП-М	-10 5	6 6	200 с 3 мин	Применяются
Комбинированные пенопреобразователи с системой "АЛИТ" ТЭАС (К)* ОХА (М) ПО-6 ТСА (К) ОХА ТЭАС (К) ГА ПО-6 ТСА (К) ГА (М)	-15 -18 -15 0 -15 -20 -15 -34 (-50)	1,5 6 1,5 3 1,5 4 1,5 6	12 ч 15 ч 12 ч 15 ч	Применяются с улучшением качества пены
* (К) — обозначает концентрат.				



решать одновременно самые различные практические задачи применения пенообразователей: использование с жесткой и морской водой, проблемы хранения, транспортировки и применения при низких температурах, вопросы профилактики пожаров, дегазации высокотоксичных химических веществ и многие другие проблемы целевого использования пенообразователей.

Применение комбинированных составов не требует изменения существующей противопожарной техники, позволяет использовать пенообразователи с лимитированными сроками хранения и утратившими первоначальные свойства. Отметим, что положительный эффект применения термостойкой пены достигается при сверхнизком (0,3 %) содержании ПАВ в рабочих растворах, что отвечает самым высоким требованиям экологии.

Для удобства и унификации приемов обращения с комбинированными составами пенообразователей термостойкой пены, их применения при профилактике и тушении пожаров в состав был включен концентрированный пенообразователь с биоразлагаемостью более 95 % (ПО-1,5 К) и стабилизаторы системы "АЛИТ", применяемые в концентрации 6 % об. с учетом потребительского спроса по температуре их замерзания.

Приведем пример. Стабилизатор пены заливают в пенобак автоцистерны, а пенообразователь — в цистерну с водой в объеме 1,5 % в пересчете на вместимость автоцистерны в литрах (так, как это делается при применении пенообразователей в качестве смачивателя). Для простоты расчета необходимого объема пенообразователя ПО-1,5К для конкретной автоцистерны (АЦ) следует объем ее пенобака (ПБ) разделить на 4.

АЦ-30 ГАЗ			АЦ-40 ЗИЛ			
Вместимость автоцистерны, л						
	53А	5312	66-01	431410	137А	137-01
Вода	2000	2850	1600	2360	2450	2450
ПБ	120	190	100	170	160	160
Комбинированный состав						
"АЛИТ"	120	190	100	В пенобак	170	160
ПО-1,5 К	30	47,5	25	В цистерну	42,5	40

Стабилизаторы пены могут размещаться и храниться в виде водных растворов в специальных резервуарах и водоемах для использования в пожаротушении, а также в виде легко растворимых порошков, удобных для транспортировки и хранения в зимних условиях.

Целевой аудиторией, заинтересованной в использовании уникального продукта, являются: Минобороны России; МЧС России; лесоперерабатывающие предприятия; предприятия ТЭК; плавающие (ледостойкие) буровые платформы; морские порты; предприятия, расположенные у береговой линии морей; городские власти и муниципальные образования (при тушении свалок, загрязняющих атмосферу); аэродромные службы военной и гражданской авиации; военизированные горноспасательные части; Министерство природных ресурсов РФ и др.

Выводы

1. Разработаны многофункциональные стабилизаторы системы "АЛИТ" для получения термостойкой пены с использованием различных отечественных пенообразователей общего назначения. Стабилизаторы позволяют понизить концентрацию пенообразователя в рабочем растворе в 4 раза (с 6 до 1,5 %), что отвечает высоким требованиям экологии.

2. Стабилизаторы термостойкой пены системы "АЛИТ" позволяют существенно увеличить сроки целевого использования отечественных пенообразователей общего назначения при истечении сроков их гарантийного хранения, что отвечает требованиям охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

3. Благодаря использованию стабилизаторов термостойкой пены системы "АЛИТ" создана возможность применения пены в качестве профилактического средства предупреждения пожаров и применения пены на пожарах в городских условиях.

4. Стабилизаторы термостойкой пены системы "АЛИТ" открывают новые возможности для эффективного применения пены, получаемой из пенообразователей общего назначения, при тушении пожаров с использованием жесткой и морской воды.



УДК 628.543

И. Г. Трунова, канд. техн. наук, доц., **К. М. Элькинд**, канд. хим. наук, доц.,
К. Н. Тишков, канд. хим. наук, проф.,
Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева

Использование энерго- и ресурсосберегающей технологии при экстракции гуминовых веществ и тяжелых металлов из твердофазных смесей

Определена последовательность извлечения ценных компонентов из осадков сточных вод. Выявлены условия создания энерго- и ресурсосберегающей технологии утилизации твердофазных смесей. Приведен расчет параметров, характеризующих гидродинамику процесса экстракции.

Рост промышленного производства сопровождается ростом как отходов производства, так и отходов потребления. Изучение отечественного и зарубежного опыта показывает, что переработке даже в самых развитых странах подвергается не более 25 % отходов. Неутилизируемая часть отходов хранится на полигонах, все более увеличивая загрязнение окружающей среды. Проблема утилизации отходов наиболее остро стоит в крупных городах, где наибольшими по объему являются отходы, образующиеся при очистке городских сточных вод, — так называемые осадки сточных вод (ОСВ). В Российской Федерации на 1 млн жителей образуется до 100 т ОСВ в сутки.

Осадки сточных вод представляют собой многокомпонентные смеси, состоящие из органического вещества — до 40 %, соединений тяжелых металлов (ТМ) — до 10 % и биогенных элементов — азота, фосфора, калия. В процессе хранения исходное органическое вещество при совместном воздействии микроорганизмов и факторов окружающей среды превращается в другие, в том числе гуминовые вещества (ГВ). Это дает возможность использовать ОСВ в качестве органических удобрений, чему, однако, препятствует наличие в ОСВ значительного количества ТМ, особенно таких как Ni, Cd, Hg, Pb и др., так как в этом случае возможно попадание последних по пищевым цепям в организм человека.

Поэтому направление работ, предусматривающее извлечение из ОСВ ценных биогенных компонентов с одновременной очисткой ОСВ от ионов ТМ, по нашему мнению, является приоритетным в области утилизации ОСВ. Весьма существенным при этом является разработка такой технологии утилизации, которая позволит максимально извлечь все ценные компоненты при одновременном обеспе-

чении минимизации расхода энергии и материалов на всех стадиях процесса. Это, в свою очередь, является основой для создания аппаратурно-технологических комплексов со сроком окупаемости не более 2—3 лет.

Анализ литературных и патентных данных, а также предварительные исследования привели авторов к заключению, что из всех методов для решения поставленной задачи можно выбрать селективную, последовательную экстракцию отдельных компонентов в следующем порядке: гуминовые вещества, тяжелые металлы.

С учетом того что единственной растворимой формой ГВ являются их соли с щелочными металлами, а экстракцию (извлечение) ТМ наиболее целесообразно проводить минеральными кислотами, разработанный авторами способ [1, 2] включает в себя следующие стадии.

1. Экстракция ГВ щелочным экстрагентом.
2. Промывка осадка.
3. Экстракция ТМ 5...10 %-ным раствором минеральных кислот.
4. Промывка осадка.
5. Сушка осадка.

В качестве готовых продуктов получали: при щелочной обработке — жидкое органоминеральное удобрение "Ризос" [3], после кислотной экстракции — твердые органоминеральные удобрения.

Использование традиционных методов экстракции оказалось недостаточно эффективным применительно к рассматриваемым системам ОСВ — щелочной экстракт и ОСВ — минеральные кислоты. Это вызвано следующими причинами:

- наличие значительного количества мелкодисперсной фазы (размер зерна < 0,4 составляет 28,83 %);
- удельный вес ОСВ близок к плотности применяемых растворов;
- большое удельное энергопотребление в условиях малотоннажных производств.

Новизна предложенного авторами способа экстракции [4] заключается в том, что он сочетает преимущества реакторов идеального смешения с преимуществами противоточных реакторов (сохранение высокой средней движущей силы процесса).



Энерго- и ресурсосбережение достигаются за счет:

- обеспечения многоступенчатой системы обработки на всех стадиях;
- совмещения отдельных стадий технологического процесса, таких как экстракция и разделение жидкой и твердой фаз;
- использования сил гравитации при экстракции;
- использования практически одинаковой конструкции и технологической оснастки на всех стадиях технологического процесса.

Скорость реакции извлечения ГВ снижается во времени в силу уменьшения их содержания в осадке и снижения концентрации свободной щелочи в растворе, асимптотически приближаясь к нулю вследствие уменьшения движущей силы процесса. Применение многоступенчатой противоточной экстракции позволит в несколько раз сократить время процесса (табл. 1).

Особенностью разработанного метода является то, что обработку ОСВ проводят в кассетах специальной конструкции, размещенных в емкостях с обрабатывающим раствором и совершающих колебания в вертикальной плоскости. Дно этих кассет представляет собой двухслойную конструкцию, состоящую из опорно-распределительной решетки (рис. 1) и фильтрующей ткани.

Основное назначение опорно-распределительной решетки заключается в поддержании фильтрующей ткани и обеспечении более равномерного распределения потока внутри кассеты, а фильтрующая ткань служит для предотвращения уноса частиц ОСВ из кассеты в емкость с рабочим раствором.

Таблица 1

Время проведения процесса экстракции для различных степеней извлечения при однократной и четырехступенчатой экстракции противотоком

Степень извлечения	Время процесса экстракции τ , ч ($T = 293$ K)	
	однократной	четырёхкратной противотоком
0,9	181	43,2
0,8	80,5	27,8
0,6	30,2	7,6
0,4	13,5	3,4
0,2	5,0	1,2

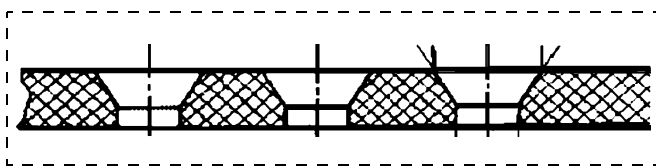


Рис. 1. Разрез опорно-распределительной решетки

При ходе кассеты вниз раствор проходит в нее через фильтрующее дно и слой ОСВ, при этом происходит реакция между щелочью и ОСВ с переходом гуминовых веществ в раствор. При ходе кассеты вверх раствор перетекает обратно в емкость. При последующем ходе кассеты вниз она вновь заполняется свежим обрабатывающим раствором и далее цикл повторяется. Последовательное совершение кассетами с осадком колебательных движений в вертикальной плоскости и соответствующее изменение направления потока обрабатывающего раствора приводит к постоянному обмену обрабатывающего раствора в кассете.

Такая конструкция позволяет объединить процесс переноса осадка с одной ступени обработки на другую с процессом разделения твердой и жидкой фаз и тем самым исключить специальные операции отделения ОСВ от раствора. Раствор с максимальным содержанием ГВ выводится из первой ступени, а остаток твердой фазы — из последней. При этом степень извлечения на каждой ступени примерно одинакова.

Кроме того, увеличивается концентрация ГВ, уменьшаются производственные площади, снижается расход энергии на проведение процесса, упрощается схема циркуляции обрабатывающего раствора, исключается применение насосов для циркуляции и перемешивания растворов и т. д. В свою очередь, это приводит к уменьшению капитальных затрат, снижению себестоимости продукции и улучшению ряда других показателей процесса.

Скорость, с которой кассеты с обрабатываемым материалом совершают колебания в вертикальной плоскости, определяется в первую очередь продолжительностью прохождения раствора через фильтрующую перегородку и слой зернистого материала. Время фильтрации может быть приближенно определено из кинетического уравнения фильтрации:

$$dV/Sd\tau = \Delta p / (\mu(hr_{oc} + R_{\phi})), \quad (1)$$

где dV — объем жидкости, прошедший через фильтр; S — площадь фильтра; Δp — перепад давления на фильтре и на фильтрующей перегородке; $d\tau$ — время; h — высота слоя зернистого материала; r_{oc} и R_{ϕ} — удельное сопротивление зернистого материала и фильтрующей перегородки соответственно; μ — вязкость жидкой фазы суспензии.

Для небольших амплитуд и, следовательно, малых перепадов давления отношение $dV/Sd\tau$ может быть заменено на $V/S\tau$, тогда из уравнения (1) можно получить следующее выражение для времени фильтрации:

$$\tau = \mu(hr_{oc} + R_{\phi})V/S\Delta p. \quad (2)$$

**Фильтрующие свойства материалов
при экстракции гуминовых веществ из ОСВ**

Жидкая фаза	Удельное сопротивление осадка, $\text{Н} \cdot \text{с}/\text{м}^4$, при ходе кассеты		Сопротивление фильтрующей перегородки, $\text{Н} \cdot \text{с}/\text{м}^3$
	вверх	вниз	
Вода	$1,98 \cdot 10^{10}$	$1,89 \cdot 10^9$	$6,4 \cdot 10^6$
Обрабатываемый раствор	$9,71 \cdot 10^{10}$	$7,51 \cdot 10^9$	$9,8 \cdot 10^6$



Рис. 2. Перемещение частиц осадка в режиме фонтанирования

Из этого уравнения следует, что время фильтрации возрастает с ростом сопротивления фильтрующей перегородки и зернистого материала. Значения этих величин, определенные по времени протекания раствора, даны в табл. 2.

Из представленных в таблице данных видно, что основным фактором, влияющим на движение жидкости в кассете, является сопротивление осадка. Скорость прохождения раствора вверх через слой осадка более чем на порядок превышает скорость истечения раствора из кассеты. Это указывает на то, что течение жидкости в верхнем и нижнем направлениях происходит в различных режимах, что связано со следующими факторами: различным сопротивлением осадка и влиянием сил гравитации. Отличия сопротивления слоя при разных направлениях движения однозначно указывают на то, что при ходе жидкости вверх (т. е. ходе кассеты вниз) происходит разрыхление слоя.

Значительный практический интерес представляет режим проведения процесса. Определение режима проводили по критерию Рейнольдса при порозности слоя 26 %, характерного для ОСВ. Величина критерия Рейнольдса, равная 21,25, соответствует скорости псевдооживления. Критерий Рейнольдса, соответствующий скорости псевдоуноса, составляет 914,12. При этом скорость псевдооживления составляет величину 0,0249 м/с, скорость пневмоуноса — 1,01 м/с.

Состояние псевдооживления сохраняется вплоть до толщины осадка $2,4 \cdot 10^{-2}$ м (при указанных выше условиях процесса). Исходя из этого, целесообразно принять толщину слоя ОСВ в кассете $\sim 2 \cdot 10^{-2}$ м. При этом расчетная скорость движения жидкости в режиме псевдооживления составляет: при ходе вверх — $1,91 \cdot 10^{-3}$ м/с, при ходе вниз — $2,32 \cdot 10^{-2}$ м/с. Необходимая скорость движения жидкости обеспечивается соответствующей скоростью перемещения кассеты в вертикальной плоскости. Поскольку кассета совершает колебательные движения в замкнутом объеме, то уноса частиц за пределы реакционной зоны не происходит.

Таким образом, при ходе кассеты вверх твердая фаза находится в виде неподвижного слоя, а при перемещении кассеты вниз ОСВ движется в режиме псевдооживленного слоя. Ламинарное течение жидкости при ходе кассеты вверх (истечение жидкости из кассеты) уменьшает вероятность забивания пор фильтрующей перегородки и уплотнения осадка.

Изменяя высоту насыпного слоя ОСВ в кассете и параметры опорно-распределительной решетки, можно добиться того, что жидкость будет протекать через слой ОСВ в режиме фонтанирования (рис. 2). При этом частицы ОСВ также находятся

в состоянии псевдооживления, но процесс их перемещения более сложный и интенсивный, что еще больше способствует повышению скорости экстракции.

Разработанная модель экстрактора для системы твердое тело—жидкость [5] такова, что при объеме лотка, составляющем ~ 80 % от объема рабочей ванны, амплитуда движения лотка обеспечивает степень обмена раствора в лотке не менее 40 % от объема жидкости в рабочей ванне. При указанном времени нахождения лотка в реакционной зоне это обеспечивает примерно 30-кратный обмен раствора в лотке за 1 ч проведения процесса.

Малая энергоемкость такого устройства обеспечивается частично за счет действующей на кассету выталкивающей силы Архимеда, а частично за счет использования противовесов и сил гравитации, исключая дорогостоящие химически стойкие насосы.

Список литературы

1. Элькинд К. М., Трунова И. Г., Тишков К. Н., Смирнова В. М. Способ получения органо-минерального удобрения из осадков сточных вод: Патент РФ № 2142930.
2. Элькинд К. М., Трунова И. Г., Тишков К. Н. Способ получения органо-минеральных удобрений и осадков сточных вод: Патент РФ № 2264998.
3. Органо-минеральное удобрение "Ризос" — санитарно-эпидемиологическое заключение № 77.99.18.А.000128.06.03 от 26.06.2003, свидетельство о государственной регистрации № 24-15424(15425-15428)-0581-0.
4. Элькинд К. М., Трунова И. Г., Тишков К. Н. Экстрактор для системы жидкость—твердое тело. Свидетельство на полезную модель № 21025.

УДК 628.394

Н. В. Земляная, д-р техн. наук,

Центр инженерно-экологических исследований ДальНИИС РААСН,

В. Н. Ляхов,

ДальНИИС РААСН,

А. А. Надежкина,

Дальневосточный государственный технический университет, г. Владивосток

Определение допустимых антропогенных нагрузок на морские акватории

Предложен метод решения обратной задачи экологии воды, основанный на использовании модифицированного метода блуждающих частиц (имитационная модель) для прогнозирования распространения загрязняющих веществ и привлечения вариационного подхода для формирования требований к водопользователям. Предлагаются алгоритм решения обратной задачи и описание процедуры имитационного моделирования.

Введение

Исследования, некоторые результаты которых приводятся в статье, имеют целью обеспечение экологической безопасности морских акваторий при решении градостроительных задач, задач расположения новых производств и при разработке проектов развития территорий. Экологическая безопасность морских акваторий не только важна с точки зрения охраны природных ресурсов, но является также составляющей глобальной проблемы биосферной совместимости поселений.

Одним из основных источников существования населенных пунктов, расположенных на берегах морей и океанов, является прибрежная полоса шельфовой зоны. В настоящее время до 60 % населения Земли проживает вдоль береговой линии моря. По прогнозам ООН, через 30 лет доля населения, проживающего вдоль побережья, возрастет до 75 %. Негативные последствия загрязнения окраинных морей и прибрежной полосы трудно переоценить. Загрязнение не только нарушает естественные процессы возобновления биологических ресурсов моря, ставит под сомнение возможность устойчивого развития регионов, но и делает небезопасным с санитарной и токсикологической точек зрения контакт человека с морской средой [9].

В России в современной практике официального определения допустимых нагрузок по загрязняющим веществам (ЗВ) используются Методические рекомендации расчета, установления и пересмотра предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ, разработанные Харьковским ВНИИВО в 1992 г. [6]. Обязательным условием определения ПДС в этих

рекомендациях является присутствие разбавления концентраций ЗВ водой водоема — приемника сточных вод.

Если для водотоков (рек), имеющих направление течений в одну сторону, такой подход может быть оправданным, то для морей при условиях, оговоренных в Методических рекомендациях ..., получить достоверный прогноз состояния загрязнения после сброса сточных вод весьма проблематично по следующим причинам. В методике не учитываются пространственно временная изменчивость морских течений, влияние граничных условий, вероятность накопления ингредиентов в областях с малой циркуляцией; предполагается, что морские течения не сопровождаются образованием циркуляционных областей, а расстояния между выпусками, исключаящие их взаимное влияние, назначаются произвольно.

Сложившаяся ситуация приводит к неправильной оценке негативных последствий сбросов загрязняющих веществ в разделах "Охрана окружающей среды" проектов градостроительной документации (генпланов городов, проектов детальной планировки, проектов застройки функциональных зон, проектов развития канализаций и т. д.), документации по обоснованию концепций, программ, планов отраслевого и территориального социально-экономического развития, предпроектных обоснований инвестиций, инвестиционных обоснований и схем комплексного использования и охраны морских акваторий. Применяемые методики определения ПДС дают, как правило, более благоприятный прогноз, что служит причиной принятия в проектах решений, не обеспечивающих экологическую безопасность морских акваторий.

Предотвратить загрязнение и деградацию морских акваторий можно только в том случае, если основой для принятия проектных решений является достоверный прогноз распространения примеси в зависимости от той или иной совокупности параметров сброса ЗВ. Указанный прогноз должен стать основой для решения обратных задач, т. е. задач определения требований к водопользователям на основе оценки возможностей водного объекта сохранить экологически допустимое равновесное состояние после антропогенного воздействия.

Описание метода

Разработка метода определения допустимых антропогенных нагрузок на морские акватории предполагает несколько этапов:

- 1) определение целей и задач использования морских акваторий;
- 2) формирование перечня действующих на процесс загрязнения факторов, подлежащих обязательному учету, определение их числовых характеристик;
- 3) обоснование и принятие существующих объективно ограничений;
- 4) синтез модели отклика на возмущения, в данном случае на поступление в водоем загрязняющих веществ.

Все перечисленные этапы являются элементами системного подхода, и задача, очевидно, должна решаться в рамках рассматриваемого метода [5, 9].

Обязательным требованием к будущей системе является вариационный подход. Не вызывает сомнения, что существует достаточно много вариантов места сброса и степени очистки сточных вод, которые могут быть реализованы при использовании водоема для указанных целей. В идеальном случае необходимо формировать алгоритм, решающий задачу с учетом всех действующих ограничений, минимизирующий затраты на строительство очистных сооружений, выпусков сточных вод и, самое главное, определяющий параметры экологического равновесного состояния акватории [3]. Очевидно, условия последнего предложения могут быть представлены как критерии исследования сложной системы.

В нашем случае решения проблем управления водопользователями задачи исследования сложной системы сводятся к решению обратных задач, предполагающих выбор структуры и значений параметров исходя из заданных свойств системы [1]. Речь идет о выборе такой структуры и таких значений параметров из области устойчивости, которые удовлетворяли бы набору ограничений разного рода при максимально допустимом сбросе загрязнения. Ограничения в задаче могут быть классифицированы следующим образом.

1. *Градостроительные ограничения* возникают, когда приводятся в соответствие генеральный план развития населенного пункта и бассейновый принцип построения канализационных схем. Отсутствие, например, в генеральном плане развития г. Владивостока площадок для очистных сооружений привело в свое время к неразрешимым трудностям их выбора и, в конечном итоге, к отсутствию очистных сооружений в городе.

2. *Ограничения в местах водопользования* вводятся "при обязательном учете плановых и проектных материалов о перспективном использовании морского побережья для рекреационных, лечебно-оздоровительных и хозяйственно-питьевых нужд населения" [8].

3. *Санитарные ограничения.* Санитарные ограничения определяются, прежде всего, действующими санитарными нормами и правилами, теснейшим образом связанными с ограничениями в местах водопользования. В этих документах даются предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения.

4. *Токсикологические ограничения* предусмотрены как СанПиНами, так и нормами для водоемов рыбохозяйственного значения [6, 8] и представлены предельно допустимыми концентрациями (ПДК) в воде водоемов разного вида водопользования.

На рис. 1 представлена структура системы определения допустимых антропогенных нагрузок на морские акватории.

Элемент 1 "Имитационная модель формирования качества воды в акватории" является подсистемой, в которую входят собственные блоки, такие как моделирование течений и моделирование распространения примеси. Элемент 2 дает оценку экологической устойчивости акватории в том смысле, который следует из результатов имитационного моделирования. Под экологической устойчивостью здесь понимается возможность достижения равновесного состояния, при котором обеспечивается вынос загрязняющих веществ из рассматриваемой акватории. Если результаты моделирования показывают, что равновесное состояние при заданных в элементе 3 параметрах сброса дают накопление ЗВ, то необходимо эти параметры изменять. Как правило, изменения сводятся к переносу места сброса в более глубокие акватории с большими значениями скоростей морских течений.

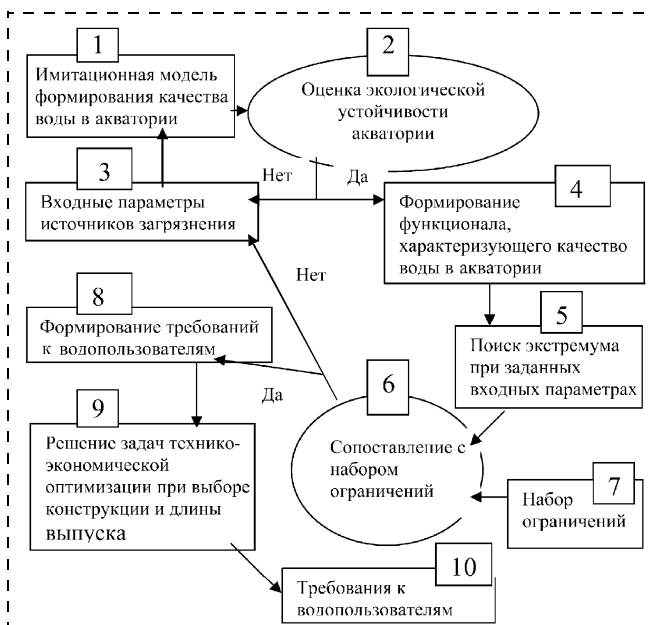


Рис. 1. Структура системы управления техногенными сбросами при охране морских акваторий от загрязнения



Имитационная модель дает возможность оценить качество воды в акватории при тех или иных условиях выпуска. Используя результаты моделирования и перебирая тот или иной набор параметров сброса загрязнения, можно в конечном итоге прийти к удовлетворяющему все требования варианту. Однако этот вариант будет иметь случайный характер, не гарантирующий выбор оптимального решения. К сожалению, в настоящее время нет универсальных способов оптимизации сложных систем, решающих краевые задачи [1], поэтому в исследованиях данной работы использование перебора вариантов будет неизбежным, но имеющим направление в сторону оптимума.

Элемент 3 дает входные параметры системы, связанные с источниками загрязнения. Входные параметры системы не могут выбираться в нулевом приближении произвольно. Очевидно, здесь должны использоваться условия и ограничения, выполнение которых обязательно по требованиям действующего законодательства.

В элементе 4 предполагается формирование функционала, ставящего в соответствие входные параметры (количество сбрасываемого загрязнения, длина выпуска, место сброса) с возможностями водоема по разбавлению и самоочищению. Оптимизация системы предполагает такое изменение входных параметров, при котором последующий процесс функционирования системы отвечал бы налагаемым требованиям не превышения предельно допустимых концентраций в любой точке акватории.

Функционал формируется на основе данных прогнозирования качества воды, реализуемого в элементе 1. Выполнив серию численных расчетов, можно получить систему уравнений, дающих зависимость концентраций ЗВ в наиболее загрязненных областях акватории в зависимости от характеристик сброса, которые могут быть заданы функционально.

В элементе 5 анализируется поведение функционала, сформированного в элементе 4. Целью этого исследования является определение собственных экстремумов функций, которые могут возникнуть из-за нелинейности процессов деструкции примесей.

Элемент 7 представляет набор ограничений 1–4, представленных выше. Здесь, прежде всего, в качестве ограничений выступают ПДК. В элементе 6 совместно решается задача оптимизации функционала при ограничениях элемента 7. Решение этой задачи представляется как нахождение решений системы уравнений. Элемент 6 дает ответ на вопрос, как необходимо очищать сточные воды, чтобы удовлетворить принятым ограничениям. Если элемент 6 дает отрицательный результат (задача не имеет решения), то структура приводит к необходимости менять входные параметры, в противном случае идет переход

к элементам 8, 9 и 10, в которых решаются проблемы оптимизации конструкции и длины выпуска в пределах расчетной ячейки.

Элемент 8 формирует требования к водопользователям, сбрасывающим ЗВ в пределах расчетной ячейки. Однако конструкция и длина выпуска могут в пределах этой ячейки значительно варьировать. В элементе 9 определяется разбавление сточных вод морской водой и выбирается наиболее выгодное технико-экономическое решение (длина сбросного трубопровода, вид выпуска — сосредоточенный или рассеивающий). Здесь главным условием является исключение образования плавучих пятен примесей на поверхности моря.

Элемент 10 анализирует решения всех предыдущих блоков и выставляет окончательные требования к водопользователям. Например, для сбросов сточных вод это будут возможность сброса в данную акваторию, степень очистки, длина и принципиальная конструкция выпуска.

Основой принятия решения, адекватного экологической ситуации в акватории, является достоверное прогнозирование качества воды, входящее в задачи элемента 1 структуры системы управления, показанной на рис. 1.

В исследованиях для решения задач прогнозирования качества воды предпочтение отдается имитационному методу, в частности методу блуждающих частиц [2]. Метод блуждающих частиц был модифицирован таким образом, чтобы иметь возможность моделировать пространственно-временную изменчивость некоторых гидрологических параметров, определяющих распространение поллютантов [4]. Модифицированный метод реализуется при следующих условиях:

- на твердой границе имеет место полное отражение частиц примеси;
- на жидкой границе сохраняется условие неразрывности потока примеси;
- диффузия примеси определяется мелкомасштабной турбулентностью, имеющей частотный характер спектра, отвечающий модели Рейнольдса;
- коэффициент диффузии и соответствующее ему среднеквадратическое отклонение принимались постоянными на основе исследований Л. Д. Пухтыра и Ю. С. Осипова;
- адвекция примеси осуществляется переменным полем ветровых течений, стоком рек и остаточными течениями;
- неконсервативность примесей описывается экспоненциальными зависимостями с экспериментально определенными коэффициентами.

Поступление примеси от непрерывно действующего источника представлялось дискретным процессом поступления частиц-маркеров.

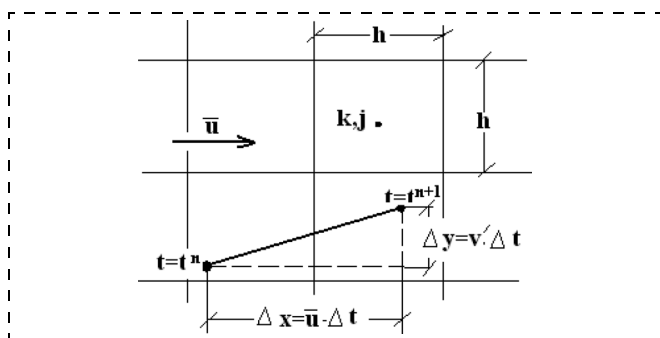


Рис. 2. Схема перемещения маркера за время Δt в потоке, движущемся вдоль оси x

Координаты i -го маркера в момент времени $n + 1$ находились из системы рекуррентных соотношений

$$\begin{cases} x_i^{n+1} = x_i^n + \bar{u}(x_i^n, y_i^n, n\Delta t)\Delta t + u'_i(n)\Delta t \\ y_i^{n+1} = y_i^n + \bar{v}(x_i^n, y_i^n, n\Delta t)\Delta t + v'_i(n)\Delta t, \end{cases} \quad (1)$$

где x_i^n, y_i^n — координаты маркера в предыдущий момент времени n ; $\bar{u}, \bar{v}$ — средние скорости суммарных течений по осям x и y соответственно; Δt — шаг по времени; u', v' — пульсационные составляющие скоростей.

На рис. 2 показана схема движения маркера, который перемещается на расстояние Δx со средней скоростью потока $\bar{u}$, направленной вдоль оси x , и на расстояние Δy с пульсационной составляющей v' .

Особенностью алгоритма численной реализации задачи было условие, заключающееся в том, что шаг по времени и вес маркера на каждом шаге принимались переменными

$$\Delta t_x = \frac{h}{2|\bar{u}_x|}; \Delta t_y = \frac{h}{2|\bar{u}_y|}; \Delta t = \min(\Delta t_x, \Delta t_y), \quad (2)$$

где h — шаг сетки по пространству.

Для каждой из координат вычислялось время, необходимое маркеру для прохождения половины шага сетки h , и из двух этих величин выбиралось наименьшее.

Необходимость такой процедуры была вызвана тем, что при больших скоростях течения маркер мог за один шаг по времени выйти за пределы нескольких расчетных ячеек, что делало окончательные результаты весьма грубыми. Ориентация шага по времени на области с малыми скоростями приводило к усложнению задачи и значительному увеличению времени счета, бесполезному для окончательного результата. В области с малыми скоростями маркер долго перемещался по ячейке, и описание этого перемещения при принятой процедуре осреднения по пространству не имело особого смысла.

Для неконсервативной примеси на каждом шаге корректировалась мощность маркера

$$P^{n+1} = P^n e^{-K\Delta t/86400}, \quad (3)$$

где P^{n+1}, P^n — мощность маркера в текущем и предыдущем шагах; K — коэффициент неконсервативности, 1/сутки; 86 400 — число секунд в сутках.

В том случае, если мощность маркера менялась до 0,1 % первоначальной, считалось, что маркер погиб, и происходил переход к следующему маркеру. Вес маркера M^{n+1} на шаге $n + 1$ находили по формуле:

$$M^{n+1} = P^n \Delta t. \quad (4)$$

Если маркер выходил за пределы открытой границы залива, то происходил переход к следующему маркеру или к следующему источнику.

Масса загрязнения Ω в расчетной сетке с координатами k, j (см. рис. 2) накапливалась, выносилась или подвергалась деструкции по мере роста времени счета, и массу загрязнения рассчитывали в каждой точке сетки по формуле:

$$\Omega_{k,j}^{n+1} = \Omega_{k,j}^n + M_{k,j}^{n+1}. \quad (5)$$

Концентрацию определяли по соотношению:

$$C_{k,j} = \frac{\Omega_{k,j}}{h^2 H_{k,j}}, \quad (6)$$

где $H_{k,j}$ — глубина залива в расчетной ячейке.

Задачу моделирования распространения примеси решали в следующей последовательности. Внутри года выделялись промежутки с преобладающими направлениями ветра. Например, по данным метеорологической станции г. Владивостока, было выделено десять таких промежутков. Далее находили осредненное поле скоростей ($\bar{u}, \bar{v}$) путем решения уравнений мелкой воды для набора гидрологических сценариев. Модифицированный метод блуждающих частиц (зависимости (1) и (2)) позволял на перемещение с полем средних скоростей накладывать перемещения частиц с пульсационной составляющей скорости. Среднеквадратическое отклонение принималось равным 0,01 м/с на основании данных экспериментальных исследований. Расчет определял количество ЗВ и его концентрацию в каждой расчетной ячейке.

Прогноз распространения примеси был выполнен для нескольких акваторий Японского моря и для бухты Южно-Курильская. Сопоставление результатов численных экспериментов с натурными данными показало, что модифицированный метод блуждающих частиц достоверно отражает реальную ситуацию загрязнения и заиления морских акваторий.

Примеры использования имитационной модели

Модель с переменным полем скорости, представленная в данной работе, является полезной и удобной для прогнозирования качества воды в мелких акваториях, течения в которых кардинально зависят от скорости ветра, ледовых условий и времени года, что в рамках модифицированного ме-

тода блуждающих частиц удастся описать достаточно адекватно.

На рис. 3 представлены результаты моделирования процесса оседания и заиления залива Находка твердым стоком реки Партизанской по модифицированному методу блуждающих частиц. Увеличение объемов взвешенных веществ (твердого стока), приносимых рекой в море, связано с вырубкой лесов в верховьях реки. Твердый сток в расчетах условно сбрасывался на расстоянии около 1,5 км от устья реки и практически весь оседал у северного берега залива.

На рис. 4 показана аэрокосмическая съемка района моделирования. Как видно из сопоставления этих рисунков, модель описывает некоторые важные обстоятельства, свойственные реальному процессу, например тенденции накопления взвешенных веществ около косы, хорошо просматриваемой на аэрокосмическом снимке.

Модифицированный метод блуждающих частиц использовался также для прогноза последствий сброса сточных вод через глубоководный выпуск. В модельной задаче глубина моря составляла 40 м, расход биологически очищенных сточных вод — 25 920 м³/сут. Выпуск был устроен таким образом, что сточные воды в течение нескольких месяцев оказывались затопленными под слой скачка плотности. Слой скачка плотности является переходной зоной между подвижным верхним прогретым слоем воды и нижним практически неподвижным холодным слоем. Сильная стратификация с небольшим по



Рис. 4. Аэрокосмический снимок устья реки Партизанской

толщине (10...15 м) верхним перемешанным слоем характерна, например, для Черного моря.

Затем разыгрывался сценарий, в котором сильный ветер перемешивал всю толщу воды и пятно загрязнения, накопленное за длительное время, начинало перемещаться к берегу, загрязняя его весьма незначительно разбавленными сточными водами.

Результаты численных экспериментов по моделированию распространения загрязнения при выпуске сточных вод под слой скачка показали, что затопленное поле сточных вод может стать причиной экологического бедствия.

Заключение

Следует отметить, что решение обратных задач экологии воды с помощью предложенного алгоритма реально и обеспечивает достоверные результаты. Одно из достоинств предложенного метода моделирования, обеспечивающего прогнозирование состояния акватории и являющегося основой для определения требований к водопользователям, заключается в том, что метод предсказывает образование зон стагнации, в которых идет накопление загрязняющих веществ, а накопление взвешенных веществ приводит к подъему уровня дна, приводящему к заилению акватории. Образование зон стагнации является признаком нарушения экологического равновесия и достаточным основанием для изменения решений любого уровня.

Современная вычислительная техника дает возможность учитывать в решении как прямых, так и обратных задач все значимые источники загрязнения (реки, дождевой сток, выпуски сточных вод, загрязнения атмосферы и т. д.), что позволяет комплексно оценить возможные последствия техногенной деятельности и принять адекватные меры.

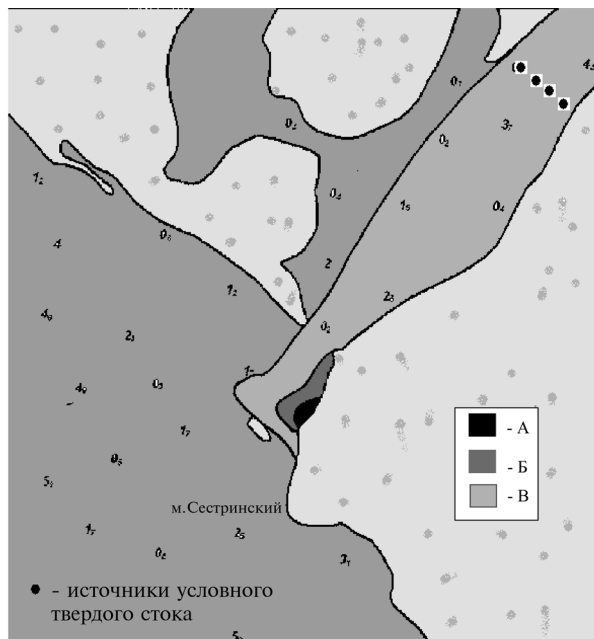


Рис. 3. Распределение оседающих взвешенных веществ по дну залива Находка, результаты имитационного моделирования: А — высота слоя осадка $h > 0,14$ м; В — $0,14 \text{ м} > h > 0,07$ м; В — $0,07 \text{ м} > h > 0,007$ м (цифры обозначают глубину акватории, например 1₅ — глубина акватории 1,5 м)



Список литературы

1. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. — М.: Наука, 1978. — 399 с.
2. Галкин Л. М. Решение диффузионных задач методом Монте-Карло. — М.: Наука, 1975. — 96 с.
3. Земляная Н. В. Метод оценки антропогенных сбросов на состояние морских акваторий // ЭКВАТЕК — 2000: 4-й Междунар. конгр. Вода: экология и технология. Москва, 30 мая — 2 июня, 2000: Тез. докл. — М.: 2000. — С. 74—75.
4. Земляная Н. В., Ляхов В. И. Долгосрочный прогноз качества воды в морских акваториях // Водные ресурсы. — 2003. — Т. 30. — № 4. — С. 485—492.
5. Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. — М.: Гидрометеиздат, 1984. — 560 с.
6. Методические рекомендации расчета, установления и пересмотра предельно допустимых сбросов (ПДС) веществ. — Харьков: ВНИИВО, 1992. — 13 с.
7. Пиуль Ж., Хипс Н., Адам И. и др. Моделирование морских систем. — Л.: Гидрометеиздат, 1978. — 279 с.
8. СанПиН 2.1.5.980—00 "Гигиенические требования к охране поверхностных вод", 2000. — 18 с.
9. Kristoferson L. Environmental security and cooperation in the Baltic Sea region. A review of some recent publications // Ecol. secur. Baltic. States, Nord. Conntr. and North-west Russia: Int. conf., Lohusalu, Estonia 30 march — 1 apr., 1995. — Tallinn, 1995. — P. 12—19.

УДК 655.753.34

А. С. Лыткин, адъюнкт,
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России,
О. Ю. Бегак, д-р техн. наук, проф.,
ФГУП "ВНИИМ им. Д. И. Менделеева",
Г. К. Ивахнюк, д-р хим. наук, проф.,
Санкт-Петербургский технологический институт (Технический университет)

Повышение эксплуатационных характеристик дизельного топлива для пожарной и аварийно-спасательной техники МЧС России в условиях чрезвычайной ситуации

Исследовано влияние добавок трет-бутилгидропероксида, кумилгидропероксида, изопропилнитрата, а также фракций парафинов состава C_{10} — C_{13} , C_{14} — C_{17} и C_{18} — C_{23} на повышение эксплуатационных характеристик отечественного дизельного топлива (ДТ) летних (ДТЛ) и зимних (ДТЗ) марок. Даны сведения о простом (экспрессном) способе получения ДТ, близкого по своим показателям к арктическим (ДА) маркам из имеющихся в наличии запасов ДТЛ и ДТЗ практически в любых полевых условиях при ЧС. Определены стандартизованным (моторным) методом цетановые числа образцов ДТ, полученных в результате введения присадок в исследуемые образцы ДТ (ДТЛ и ДТЗ).

Дизельные пожарные автомобили (ПА) являются основными техническими средствами Государственной противопожарной службы (ГПС МЧС России), обеспечивающими доставку сил и средств к месту пожара, ведение боевых действий по тушению пожаров, спасанию людей и материальных ценностей. В этих ПА, как правило, применяются двигатели внутреннего сгорания (ДВС), работающие по циклу Дизеля, которые, в отличие от бензиновых, работающих по циклу Отто, предъявляют противоположные карбюраторным двигателям требования к воспламеняемости нефтяных топлив и, как следствие, — к их фракционному и групповому химическому составу.

Примерами широко применяемых в ГПС МЧС России автомобилей с дизельными двигателями являются автолестницы, коленчатые подъемники, автомобили технической службы, автомобили связи и освещения, газодымозащитной службы и др.

При форсированном движении к месту вызова и боевой работе в зоне чрезвычайных ситуаций (ЧС) к двигателям пожарных и аварийно-спасательных автомобилей (ПАСА) предъявляется жесткое требование форсирования рабочего процесса по мощности. От величины эффективной мощности, развиваемой двигателем автомобиля, зависят максимальная скорость его движения, подача насоса и другие показатели. Необходимо отметить, что дизельные двигатели (ДД) отличаются тем большей экономичностью, чем выше воспламеняемость топлива, т. е. его цетановое число (ЦЧ), что особенно важно для тактико-технических характеристик ПА, определяющих технические и тактические возможности пожарных и аварийно-спасательных автомобилей. При этом в северо-восточных регионах нашей страны преобладающий объем мобильной техники ГПС представлен образцами зарубежных марок, предъявляющих повышенные требования к качеству моторных топлив и прежде всего к его воспламеняемости и фракционному составу.

Отсутствие достаточного количества высококачественного ДТ осложняет или может осложнить решение ряда практических задач частей МЧС в зонах чрезвычайных ситуаций. Особенно это касается воз-



возможностей оперативного повышения мощности ДД ПА в полевых условиях, экономии топлива и предотвращения замерзания или помутнения топлива в суровых климатических условиях крайнего Севера нашей страны. Примером может быть информация в российских СМИ о том, что использование некачественного дизельного топлива привело к выходу из строя двух дизель-генераторов в г. Северо-Курильске (Сахалин), жители которого более двух суток оставались без электроэнергии в начале декабря 2007 г. В результате представителями властей была объявлена чрезвычайная ситуация в городе.

В то же время на мировых рынках к началу XXI века были выдвинуты новые жесткие требования к качеству ДТ, обусловленные ростом дизелизации автотранспорта, экономией топлива и охраной воздушного бассейна от загрязняющих выбросов. Прежде всего это ужесточение норм на *цетановые числа* в сторону их увеличения до (не менее) 58 единиц, ограничение верхнего предела выкипаемости и повышение температуры вспышки, ужесточение норм по температуре помутнения и предельной температуре фильтруемости топлив в зимний период, улучшение показателей вязкости, цвета стабильности, коксуемости 10 %-ного остатка и пр.

Отечественная нефтеперерабатывающая промышленность выпускает ДТ двух видов [1, 2]: легкие маловязкие ДТ для быстроходных дизелей с частотой вращения вала до $800...1000 \text{ мин}^{-1}$ и более, тяжелые высоковязкие ДТ для тихоходных, среднеоборотных и малооборотных ДД с частотой вращения вала до $600...700 \text{ мин}^{-1}$. Основная масса дизельного топлива, выпускаемого на отечественных заводах, — это летний сорт (90 %), выпуск зимнего и арктического сортов составляют 9 % и 1 % соответственно [3]. Такая структура производства ДТ не отвечает потребностям России, на две трети своей территории расположенной в холодной климатической зоне. Отсюда ясна важность разработки экспрессных способов улучшения низкотемпературных характеристик выпускаемых ДТ.

Достигнутый в России уровень основных показателей качества ДТ и необходимые показатели, на которые нужно выйти российским нефтеперерабатывающим заводам (НПЗ) в ближайшее время, иллюстрирует табл. 1.

Результаты статистических исследований, выполненных в Санкт-Петербургском институте ГПС МЧС России [4], свидетельствуют о том, что применяемые методы и средства контроля и технического обслуживания дизелей не обеспечивают требуемого рационального использования топливно-энергетических ресурсов и соблюдения нормативов безопасности в соответствии с вновь вводимыми Правилами № 24 ЕЭК ООН и ГОСТ Р 52160—2003. Все это подтверждает высокую актуальность мероприятий, направленных на создание экспрессных методов повышения

Таблица 1

Достигнутые и необходимые основные показатели качества ДТ

Показатели	Достигнутый уровень	Необходимый уровень
Цетановое число	45...50	Не менее 53...58
Содержание серы, %	0,05...0,2	Не более 0,003
Содержание ароматических углеводородов, %, в том числе полициклических	35...45	Не менее 10...12, в т. ч. отечественных — не более 1,0
Температура конца кипения, °С	До 2,5 355	Не менее 340

мощности и экономичности ДТ при сохранении параметров оптимальной и безопасной эксплуатации ПА.

При выполнении исследований экспериментально и теоретически решались следующие задачи:

- выбор высокоцетановых добавок к товарным ДТ;
- определение стандартных характеристик образцов товарных ДТ;
- добавление выбранных добавок к товарным ДТ с целью повышения их ЦЧ;
- определение цетановых чисел, полученных после введения добавок ДТ стандартизованным (моторным) методом;
- определение температуры помутнения и застывания, полученных после введения добавок ДТ.

Необходимые для исследований образцы ДТ высшего сорта (ДТ Л-0,2-62 ВС, ДТ Л-0,2-40 ВС и ДТЗ-0,2 минус 35 ВС) и фракции жидких нефтяных парафинов ($C_{14}-C_{17}$ и $C_{18}-C_{23}$) были получены с Киришского НПЗ. Предварительные экспериментальные исследования проводились на образцах товарных ДТ, приобретенных на заправочных станциях Санкт-Петербурга. Фракции жидких нефтяных парафинов дополнительно очищались от ароматических соединений методом перекристаллизации.

В ходе выполнения экспериментов был освоен ряд методик — определения температур плавления нефтепродукта (НП), определения вязкости НП, анилиновой точки, выделения парафинов нормального строения методом карбамидной депарафинизации, определения показателя преломления, температуры застывания НП, определения ЦЧ ДТ и др.

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований были выбраны и обоснованы для исследования и применения следующие основные цетаноповышающие добавки к современному отечественному товарному дизельному топливу: изопропилнитрат (ИПН) фракции парафинов $C_{10}-C_{13}$, $C_{14}-C_{17}$, $C_{18}-C_{23}$, трет-бутилгидроперекись (ГПТБ) и кумилгидроперекись (ГПК). Из этих добавок составлялись также смеси различных сочетаний и пропорций с целью поиска оптимальных составов композиционных добавок.

После выполнения серий подготовительных экспериментов к испытаниям на определение ЦЧ стандартизованным (моторным) методом было подготовлено к исследованию 30 проб объемом по 1 л

Таблица 2
Цетановые числа дизельных топлив с присадками

Состав пробы	ЦЧ по моторному методу (эксперимент на установке ИДТ-69)
ДТЛ-0,2-62 (исходное)	48
ДТЗ-0,2 минус 35 (исходное)	48
ДТЛ-0,2-62 + 3 % $C_{10}-C_{13}$	50
ДТЛ-0,2-40 + 3 % $C_{10}-C_{13}$	52
ДТЗ-0,2 минус 35 + 3 % $C_{10}-C_{13}$	52
ДТЛ-0,2-62 + 3 % $C_{14}-C_{17}$	53
ДТЛ-0,2-40 + 3 % $C_{14}-C_{17}$	52
ДТЗ-0,2 минус 35 + 3 % $C_{14}-C_{17}$	48
ДТЗ-0,2 минус 35 + 5 % $C_{10}-C_{13}$	52
ДТЗ-0,2 минус 35 + 5 % $C_{14}-C_{17}$	53
ДТЗ-0,2 минус 35 + 0,5 % ИПН	54
ДТЛ-0,2-62 + 2 % ИПН	65
ДТЛ-0,2-40 + 2 % ИПН	59
ДТЛ-0,2-40 + 2 % $C_{18}-C_{23}$ + 1 % ИПН	61
ДТЗ-0,2 минус 35 + 1 % ГПК	60
ДТЗ-0,2 минус 35 + 0,5 % ГПК	56
ДТЛ-0,2-40 + 1 % ГПК	58
ДТЛ-0,2-62 + 1 % ГПК	57
ДТЗ-0,2 минус 35 + 0,5 % ГПТБ	56
ДТЗ-0,2 минус 35 + 0,5 % цикло-гексилнитрата + 3 % фракции парафинов $C_{14}-C_{17}$	63
ДТЗ-0,2 минус 35 + 1,0 % цикло-гексилнитрата + 3 % фракции парафинов $C_{14}-C_{17}$	65

каждая. Пробы испытывались на ООО "КИНЕФ" и в лабораториях Санкт-Петербургского технологического института (Технического университета).

Полученные экспериментальные результаты их испытаний представлены в табл. 2, из которой видно, что примененные цетаноповышающие добавки оказались эффективными для решения поставленной в этой работе задачи. Цетановые числа летних и зимних марок ДТ возросли на величину от 2 до 17 пунктов. Это означает, что для повышения ЦЧ на 5...6 пунктов вполне достаточно добавить всего 0,3...0,5 % изопропилнитрата или 0,4...0,5 % гидропероксидов. Установлено, что эффективны также добавки парафиновых фракций в количестве 3...4 %: $C_{10}-C_{13}$, $C_{14}-C_{17}$ и $C_{18}-C_{23}$.

Для установленных оптимальных составов проведено исследование их низкотемпературных свойств в сравнении с таковыми у исходных ДТ (табл. 3), поскольку было известно, что парафиновые фракции могут повышать температуры помутнения и застывания (кристаллизации) ДТ. В связи с этим необходимо было определить, как выбранные добавки повлияют на характеристики синтезированных дизельных топлив с повышенными ЦЧ. Полученные результаты приведены в табл. 4.

При сравнении табл. 3 и 4 видно, что температуры помутнения и застывания полученных (модифицированных при механическом перемешивании) ДТ превышают установленные нормы [5], а в случае добавки фракции парафинов $C_{10}-C_{13}$ в количестве всего 3 % к дизельному топливу марки "ДТЗ-0,2 минус 35" температуры помутнения и застывания при-

Таблица 3
Низкотемпературные характеристики исходных ДТ

Марка ДТ	Нормативные значения (ГОСТ 302—82) температуры, °С, не выше		Фактические значения температуры, °С, не выше	
	помутнения	застывания	помутнения	застывания
ДТЛ 0,2-40 ВС	-5	-10	-8	-14
ДТЛ 0,2-62 ВС	-5	-10	-7	-14
ДТЗ 0,2 минус 35 ВС	-25	-35	-26	-53
ДТА	Отсутствует	-55		

Таблица 4
Экспериментальные результаты определения температур помутнения и застывания дизельных топлив с добавками, повышающими ЦЧ

Состав пробы	Температура помутнения, °С	Температура застывания, °С
ДТЛ-0,2-40 + 3 % $C_{10}-C_{13}$	-6	-32
ДТЛ-0,2-40 + 3 % $C_{14}-C_{17}$	-5	-30
ДТЛ-0,2-40 + 2 % $C_{18}-C_{23}$ + 1 % ИПН	-6	-31,5
ДТЗ-0,2 минус 35 + 5 % $C_{14}-C_{17}$	-30	-46
ДТЗ-0,2 минус 35 + 5 % $C_{10}-C_{13}$	-27	-60,2
ДТЗ-0,2 минус 35 + 3 % $C_{14}-C_{17}$	-29	-51,5
ДТЗ-0,2 минус 35 + 3 % $C_{10}-C_{13}$	-36	-64

ближают получаемое ДТ к арктическому, что говорит о более простом — экспрессном способе получения арктического дизельного топлива практически в любых полевых условиях ЧС.

Установлено также, что температуры помутнения (начала кристаллизации) и застывания (точка кристаллизации) полученных ДТ с повышенными ЦЧ превосходят установленные нормы [5].

Таким образом, основными результатами рассмотренного эксперимента являются впервые проведенные для МЧС выбор высокоцетановых добавок к товарным дизельным топливам, которые могут быть применены в полевых условиях в зонах ЧС, например, для приближения зимних марок ДТ к эксплуатационным показателям арктических марок в условиях резкого понижения температур окружающей среды и отсутствия арктического топлива. Выяснено влияние этих добавок на основные характеристики отечественных товарных ДТ.

Список литературы

1. **Химия** нефти и газа: Учеб. пособие для вузов / А. И. Богомолов, А. А. Гайле, В. В. Громова и др.; Под ред. В. А. Прокуракова, А. Е. Драбкина. 3-е изд., доп. и испр. — СПб., 1995. — 448 с.
2. **Гуреев А. А., Камфер Г. М.** Испаряемость топлив для поршневых двигателей. — М., 1982. — 264 с.
3. **Топлива**, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение / Под ред. В. М. Школьников. 2-е изд. — М., 1999. — С. 96—100.
4. **Авторыферат** диссертации Сморгы В. В. на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.26.03 — пожарная и промышленная безопасность (транспорт) МЧС России Санкт-Петербургский институт Государственной противопожарной службы. — СПб., 2006. — 18 с.
5. **ГОСТ 305—82.** Топливо дизельное. Технические условия.

УДК 378.574

Л. Н. Блинов, д-р техн. наук,
Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

Экологическое образование в технических вузах для устойчивого развития России и ее безопасности

Рассмотрены вопросы разработки и внедрения эффективной системы экологического образования, воспитания и переподготовки кадров в технических вузах на примере Санкт-Петербургского государственного политехнического университета (СПбГПУ), направленной на решение вопросов устойчивого и бескризисного развития России и ее безопасности на базе экологически ориентированных образовательных и промышленных технологий, чистых производств с учетом отечественного и зарубежного опыта.

Суть деятельности заключается в создании интегрированного образовательного экологического комплекса, его блоков, механизмов реализации, подходов и алгоритмов их внедрения в рамках учебного процесса, производственной практики, совместных работ с промышленными, научными и учебными отечественными и зарубежными партнерами [1, 2].

Основные структурные блоки и принципы, разработанные, апробированные и реализованные в СПбГПУ: создание "Концепции экологического образования в техническом университете"; разработка с учетом подходов геоэкологии, научно-методической базы и системы принципов моделирования и функционирования природно-технических систем (ПТС); создание комплекса учебных и научных центров по экологическому образованию, в том числе Центра экологического образования для переподготовки кадров и повышения их квалификации, Учебно-научного центра "Мониторинг и реабилитация природных систем"; реализация принципов опережающего и непрерывного экологического образования в системе школа—вуз—постузовское обучение; внедрение в программы учебных курсов естественно-научных, гуманитарных, экологических и специальных дисциплин основополагающего принципа В. И. Вернадского о единстве естественно-научного и гуманитарного познания в решении проблем жизни; создание системной учебной, учебно-методической и научной литературной базы (учебники, учебные пособия, монографии), обеспечивающей реализацию экологического образования на всех этапах обучения; создание современной учебно-лабораторной и научно-исследовательской

базы для проведения конкретных работ экологического направления для промышленных, научно-исследовательских и учебных организаций России и зарубежных стран, разработка и реализация программ международного сотрудничества, относящихся к проблеме устойчивого развития [3—7].

В настоящее время одной из важнейших актуальных предпосылок гармоничного и устойчивого развития системы "человек—общество—природа" должно стать образование [7]. По сути, образование — важнейшая составная часть устойчивого развития России. Только на основе современного образования, интегрирующего обучение, воспитание и развитие, включающего в себя как важнейшую составную часть экологическое образование, возможно не только готовить кадры для решения экологических проблем, но и вырастить поколение землян, обладающих новым мировоззрением, способных решать социальные, экономические и экологические проблемы в их глубокой взаимосвязи, в локальных и глобальных проявлениях. В первую очередь это относится к специалистам технических специальностей, создателей техносферы. В конечном итоге именно экологическое образование является необходимой предпосылкой наличия в стране культурного и интеллигентного общества, экологически образованной когорты специалистов и руководителей, способных не только видеть экологические проблемы и готовых их решать, но и предвидеть возможные негативные последствия и не допускать их [2, 8].

В последние годы стало очевидным, что отсутствие или недостаточность развития системы экологического образования, а тем более снижение его качества, является реальной угрозой национальной безопасности во всех ее составляющих — в экономической, социальной, технической и, конечно, в экологической.

В системном плане экологическим образованием, решением научно-технических задач, связанных с окружающей средой, СПбГПУ занимается с середины 70-х годов XX века. Так, с 1975 по 1991 гг. СПбГПУ возглавлял комплексную научно-техническую программу "Человек и окружающая среда" Минвуза РСФСР, в которой были объединены усилия более 200 высших учебных заведений России с целью более эффективного использования научного потенциала вузов для решения важнейших

научно-технических проблем в области природопользования и совершенствования экологической подготовки специалистов.

По итогам работ этой комплексной программы опубликовано свыше 200 монографий, получено свыше 1000 авторских свидетельств, более 60 патентов, защищено свыше 100 докторских и 800 кандидатских диссертаций. В рамках выполнения указанной программы были подготовлены тысячи специалистов, обладающих не только экологическими знаниями, но и экологической культурой, экологической компетентностью [9].

В середине 1980-х годов в СПбГПУ был разработан и внедрен "Комплексный план-программа непрерывной экологической и природоохранной подготовки студентов", рассчитанный на весь период обучения для дневного и вечернего отделений [10]. Уже тогда, понимая важность решения проблемы экологической безопасности для осуществления целенаправленной работы по развитию системы экологического и природоохранного образования и воспитания студентов, при научно-методическом совете СПбГПУ была создана постоянно действующая секция "Экологическое и природоохранное образование современного инженера", сформулирован ряд важных идей для дальнейшего развития высшего образования, для подготовки кадров, определены рамки различий между классическими университетами, техническими университетами (ТУ) и традиционными техническими вузами. Классические университеты ведут фундаментальные исследования и учебный процесс преимуще-

ственно в области естественных и гуманитарных наук. Технические университеты, опираясь на естественные науки как на базу, должны вести столь же глубокие исследования и разработки в области "наук об искусственном" и на этой основе готовить своих студентов как будущих создателей техносферы, понимающих перспективы развития человечества с учетом социальных, экологических и экономических проблемных вопросов глобального, регионального и локального масштаба.

Для системного повышения качества экологического образования, более эффективной деятельности будущих специалистов и качества подготовки инженерных кадров в целом в СПбГПУ в 1998 г. была разработана "Концепция экологического образования в техническом университете" [3]. Данная концепция была создана на базе систематизации, органичного интегрирования и развития многолетнего опыта по экологическому образованию, накопленного, прежде всего, в СПбГПУ, а также в ряде технических университетов России и зарубежной Европы (Королевский Технический университет, Стокгольм, ТУ Грац, ТУ Гамбург-Харбург, ТУ Штутгарт и др.). Этот базовый документ был положен в основу формирования и совершенствования системы экологического образования в техническом университете. В Концепции сформулированы основные цели и задачи экологического образования в технических университетах, определено его современное базовое содержание, рассмотрены новые образовательные технологии, дан понятийный аппарат современной инженерной экологии (рис. 1).



Рис. 1. Структурная схема путей реализации концепции экологического образования в техническом университете для устойчивого развития



В настоящее время при подготовке кадров в технических вузах, и особенно с технических университетов, экологическое образование перестает быть элементом сопровождения, "фоновым компонентом" существующей образовательной системы, становится доминантой во всех разделах образовательных стандартов и технологиях обучения. Новая образовательная цель формируется "от образования об окружающей среде — к образованию для окружающей среды". Достижение новой образовательной цели невозможно только с помощью одних лишь косметических мер. Оно требует ведения экологического императива в оболочку образовательных программ для всех этапов подготовки и переподготовки специалистов.

Развитие концепции экологического образования в техническом университете направлено на обеспечение и системную поддержку идей устойчивого развития, развития, не разрушающего окружающую среду, а сохраняющего земную биосферу как общий дом человечества, т. е. на развитие без разрушения.

Целью экологического образования в техническом университете стало формирование системы подготовки кадров для обеспечения развития и охраны окружающей среды научными и инженерными способами. Это возможно только при интеграции знаний об окружающей среде и предмете профессиональной подготовки специалистов, позволяющей предвидеть экологические коллизии и решать экологические проблемы в рамках их индивидуальной специализации [2—6]. Это возможно только тогда, когда каждый выпускник технического университета будет обладать не только системой экологических знаний, но и экологической культурой, экологической компетентностью (рис. 2).

В итоге основными целями и задачами экологического образования в техническом университете являются: показ гуманитарного характера технических и естественно-научных знаний; развитие представления о человеке как о части природы, о единстве и самоценности всего живого и невозможности выживания человека без сохранения биосферы с определенным запасом экологического разнообразия; обучение грамотному восприятию явлений, связанных с жизнью человека в природной среде, в том числе и его профессиональной деятельностью; внедрение новых перспективных "экологически чистых" ресурсо- и энергосберегающих технологий и методов природопользования; обеспечение непрерывного, системно-интеграционного характера экологического образования, создающего у будущего специалиста необходимый уровень экологической культуры и экологической компетентности; обеспечение возможностей для опережающего экологического образования.

Непрерывный характер экологического образования в вузах должен обеспечиваться различными дисциплинами и курсами, поскольку качество экологического образования зависит от ряда факторов: фундаментальности, целостности, непрерывности, ориентированности на конкретные специальности и др. На первоначальном этапе фундаментальность и системность экологического образования должны закладываться естественно-научными дисциплинами, такими как химия, физика и др. [11—15].

В целом современное состояние экологического образования позволяет решать текущие задачи насыщения производства квалифицированными кадрами. Однако проблематика устойчивого развития часто требует подготовки специалистов бо-

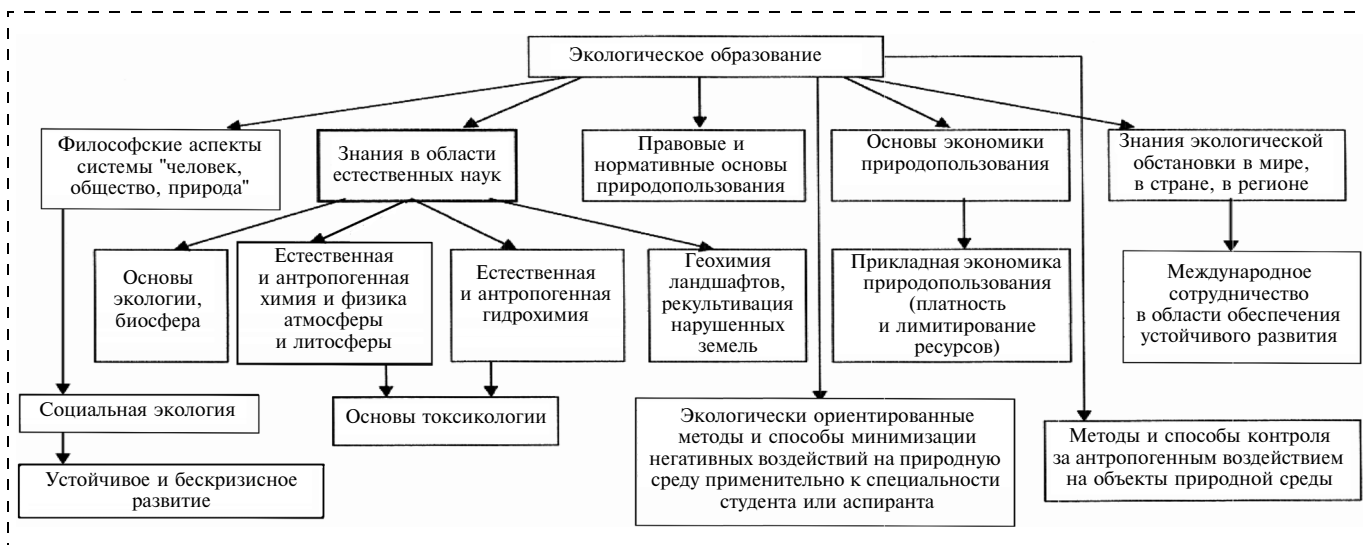


Рис. 2. Основное содержание экологического образования в техническом университете

лее высокого класса, обладающих фундаментальными знаниями, педагогическим мастерством и владеющих новейшей методологией решения экологических проблем. Усилиями одних только вузов трудно обеспечить подготовку таких специалистов на требуемом уровне из-за недостаточной материальной базы, отсутствия ориентированности на узкие научные направления. С другой стороны, академическая наука не обладает опытом подготовки в необходимом количестве и в сжатые сроки квалифицированных специалистов. Интеграция науки и высшего образования позволяет передать накопленную сумму знаний в академической науке наиболее перспективным студентам и аспирантам на ранней стадии их подготовки, исключив их переучивание. В СПбГПУ имеется положительный опыт такой интеграции по ряду направлений. Так, одной из первых удачных попыток реализации комплексного использования полученных знаний для решения проблем экологической безопасности стало сотрудничество Санкт-Петербургского научно-исследовательского Центра экологической безопасности РАН (СПб НИ-ЦЭБ РАН) и СПбГПУ.

В целом экологическая составляющая образования в СПбГПУ ориентирована на решение ключевых вопросов устойчивого развития через экологическое образование, воспитание и просвещение, поскольку без необходимого количества высококвалифицированных инженерных кадров, обладающих экологической грамотностью, компетентностью и культурой, невозможно принимать обоснованные решения с учетом комплекса экологических, экономических, юридических и социальных факторов.

Многоплановое и многолетнее сотрудничество СПбГПУ с зарубежными партнерами в области экологического образования, проведения экологически ориентированных научно-технических исследований, конференций и симпозиумов показало ее соответствие деятельности СПбГПУ международным требованиям, стандартам и соглашениям; высокий уровень результатов; заинтересованность зарубежных партнеров как в подготовке у нас дипломированных кадров (инженеров, бакалавров, магистров), поствузовском образовании (аспирантура, докторантура), так и в расширении деятельности в области научно-технических работ.

По результатам конкурса "Национальная экологическая премия" за 2006 г., организованного комитетом по экологии Государственной Думы РФ и фондом имени В. И. Вернадского, в номинации "За вклад в устойчивое развитие", раздел "Образование для устойчивого развития", проект СПбГПУ "Экологическое образование в технических университетах для устойчивого развития" награжден почетным

дипломом за вклад в укрепление экологической безопасности и устойчивое развитие России. Руководитель проекта — член-корр. РАН М. П. Федоров, основные участники — академик РАН Ю. С. Васильев, проф., д-р хим. наук Л. Н. Блинов, доц., канд. биол. наук Н. Н. Ролле.

В заключение следует отметить, что на настоящем этапе развития России образование вообще и экологическое образование в частности являются социальной и духовной опорой жизнедеятельности человека, средством обеспечения устойчивости и стабильности развития общества, системообразующим фактором национальной безопасности. При этом образование должно быть тесно связано с воспитанием. Воспитание через образование, в том числе через экологическое образование, — важнейшая задача нашего времени.

Список литературы

1. **Управление** качеством высшего образования: теория, методология, организация, практика: Коллективная научная монография / Под ред. А. И. Субетто. — СПб., Смольный институт РАО; Кострома: изд-во КГУ, 2005. — В 3 т. Т. 1. — 406 с. — Т. 2. — 340 с. — Т. 3. — 318 с.
2. **Устойчивое** развитие и экологический менеджмент. Вып. 1 / Материалы международной конференции. — СПб.: СПбГУ, ВВМ, 2005. — 484 с.
3. **Концепция** экологического образования в техническом университете / М. П. Федоров, М. Б. Шилин, К. К. Гомянов, И. А. Заир-бек, М. В. Коликов, М. В. Костенко, В. И. Масликов, Л. М. Молодкина, Н. Н. Ролле, А. И. Шишкин, Отв. ред. М. П. Федоров. — СПб.: Изд-во СПбГПУ, 1998. — 45 с.
4. **Васильев Ю. С., Федоров М. П., Блинов Л. Н.** Экологическая безопасность и подготовка кадров // Научно-технические ведомости СПбГТУ. — 2003. — № 2. — С. 29—44.
5. **Васильев Ю. С., Хрисанов Н. И.** Экологические аспекты гидроэнергетики. — Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. — 247 с.
6. **Федоров М. П., Шилин М. Б., Ролле Н. Н.** Экология для гидротехников. — СПб.: Изд-во ВНИИТ, 1992. — 80 с.
7. **Экологические** проблемы и пути их решения в XXI веке: образование, наука, техника // Тр. междунар. научно-техн. конф. — СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. — 150 с.
8. **Моисеев Н. Н.** Универсум. Информация. Общество. — М.: Устойчивый мир, 2001. — 200 с.
9. **Итоги** работы по комплексной научно-технической программе "Человек и окружающая среда" // Рациональное использование природных ресурсов и охрана окружающей среды: Межвуз. сб. — Л., 1991. Вып. 14. — С. 3—5.
10. **Комплексный** план-программа непрерывной экологической и природоохранной подготовки студентов Ленинградского политехнического института им. М. И. Калинина / Под ред. Ю. С. Васильева. — Л., 1988. — 163 с.
11. **Романов М. Ф., Федоров М. П.** Математические методы в экологии. — М.: "Академия", 2004. — 272 с.
12. **Курс** лекций по общей и экологической химии / Л. А. Байдаков, Л. Н. Блинов, Б. Д. Курников, Р. Г. Чувиляев — СПб.: Изд-во СПбГУ, 1993. — 246 с.
13. **Экологические** основы природопользования / Л. Н. Блинов, И. Л. Перфилова, Л. В. Юмашева — М.: Дрофа, 2004. — 96 с.
14. **Блинов Л. Н., Ролле Н. Н.** Экология: Опорный конспект — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. — 116 с.
15. **Блинов Л. Н., Оркина Т. Н., Танцур Н. П.** Основы экологической химии. Ч. 1: Учеб. пособие. — СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. — 78 с.



МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

ПРОИЗВОДСТВО. ТЕХНОЛОГИЯ. ЭКОЛОГИЯ (ПРОТЭК '08)

17—19 сентября 2008 года
Москва, Россия

Организатор:

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
"СТАНКИН"**

При поддержке:

**КОМИТЕТА ОБЩЕСТВЕННЫХ СВЯЗЕЙ ГОРОДА МОСКВЫ
МЕЖДУНАРОДНОЙ АКАДЕМИИ НАУК ЭКОЛОГИИ
И БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ОАО "СТАНКОАГРЕГАТ"**

Информационная поддержка:

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ "БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ"**

ЦЕЛИ КОНФЕРЕНЦИИ

✓ **Предоставить** возможность обмена информацией и опытом между производителями, менеджерами, научными и педагогическими работниками для определения наиболее актуальных проблем и путей их решения в области обеспечения безопасности и комфортности труда, охраны труда, экологически ориентированных производств и защиты окружающей среды

✓ **Обсудить** проблемы обеспечения безопасности труда и экологической безопасности с учетом отечественного и зарубежного опыта

✓ **Ознакомить** отечественных и зарубежных специалистов с последними достижениями московских организаций и промышленных предприятий в области охраны труда и защиты окружающей среды, конкретизировать подготовку и переподготовку специалистов по охране труда и защите окружающей среды с учетом реальных запросов московских предприятий.

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ

Конференция будет проходить в Московском государственном технологическом университете "Станкин" в г. Москве, Россия, Вадковский переулок, дом 1 (проезд: ст. метро "Новослободская", "Менделеевская", "Савеловская").

УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИИ

Желающим принять участие в работе конференции необходимо:

1. Перечислить на расчетный счет МГТУ "Станкин":

— **организационный взнос** (текстовое указание **ОБЯЗАТЕЛЬНО "За участие в конференции ПРОТЭК'08"**).

2. Прислать в Оргкомитет:

— **регистрационную заявку** на участие в конференции обычной или электронной почтой, либо по факсу;

— **статьи и аннотации** к ним.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ ВЗНОС

Организационный взнос составляет 1250 руб. (сумма включает НДС). Возможна оплата за участие в конференции при регистрации (с предварительным уведомлением до 15 июля).

Организационный взнос включает:

- участие во всех заседаниях конференции;
- участие в церемониях открытия и закрытия;
- кофе-брейк во время проведения конференции;
- опубликование статей (не более двух);
- получение папки участника.



КЛЮЧЕВЫЕ ДАТЫ

до 15 июля — представление **регистрационной заявки** на участие в конференции и копии квитанции об оплате

до 21 июля — полный текст **статьи** и аннотации

16 сентября — **заезд** участников конференции

17—19 сентября 2008 г. — **конференция**

ПРОГРАММА КОНФЕРЕНЦИИ

В рамках конференции планируется проведение пленарных и секционных заседаний, семинаров и круглых столов по направлениям работы конференции.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ КОНФЕРЕНЦИИ

- ✓ Охрана труда и окружающей среды, производственная безопасность
- ✓ Моделирование в охране труда и защите окружающей среды
- ✓ Человеко- и природозащитные техника и технологии
- ✓ Экологически чистые, ресурсо- и энергосберегающие технологии
- ✓ Образование в области защиты окружающей среды и безопасности труда.

РАБОЧИЕ ЯЗЫКИ КОНФЕРЕНЦИИ

- ✓ русский
- ✓ английский.

РЕКВИЗИТЫ

127994, ГСП-4 Москва, Вадковский пер., д. 3а

ИНН 7707003506

КПП 770701001

ОКОНХ 92110

ОКПО 02068775

БИК 044583001

Расчетный счет 40503810100001009003

Лицевой счет 06073332570 в Отделении 1 Московского ГТУ Банка России г. Москва 705

Получатель: **ОФК по СВАО г. Москвы для ГОУ МГТУ "Станкин"**

В назначении платежа:

КБК 07330201010010000130 п. 1 Разрешение № 0732068778.

СЕКРЕТАРИАТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель

Ю. М. Соломенцев, член-корр. РАН

Председатель рабочей группы

Л. Э. Шварцбург, профессор, д. т. н., заведующий кафедрой "Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности"

Секретарь

И. А. Сизова, к. т. н., преп. кафедры "Инженерная экология и безопасность жизнедеятельности".

Контакты:

Тел. (499) 972-9483

Тел./факс: (499) 973-3189, (499) 973-39-08

E-mail: ite@stankin.ru

Адрес для переписки: 127994, ГСП-4, Москва, Вадковский пер., д. 3а

Развернутая и текущая информация о конференции будет представлена в сети Интернет на сайте: <http://ite.stankin.ru>.

ПУБЛИКАЦИЯ В СБОРНИКЕ НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Все материалы должны быть оформлены в соответствии с требованиями, на русском или английском языке. К публикации допускается не более двух статей одного автора.

ТРЕБОВАНИЯ К ПУБЛИКАЦИЯМ

Публикация **ОБЯЗАТЕЛЬНО** должна содержать:

- *название публикации;*
- *ФИО автора(ов);*
- *должность;*
- *название организации, город, страна.*

Текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word (*Фамилия.doc) в объеме 1...5 страниц и иметь следующие параметры форматирования:

шрифт — Times New Roman, 14 pt;

ширина всех полей — 2 см;

отступ абзаца — 1,5 см;

межстрочный интервал — полуторный;

выравнивание — по ширине.

Рисунки, графики, таблицы должны быть выполнены в черно-белом цвете и вставлены в текст.

Публикация предоставляется в Оргкомитет на бумажном носителе и в электронном виде (на диске 3.5", компакт-диске либо прислана по электронной почте) одновременно с аннотацией (отдельным документом (*Фамилия_A.doc) не более 5 строк).

ВНИМАНИЕ!

Студенты и аспиранты допускаются к участию в конференции и опубликованию одной статьи в сборнике научных трудов бесплатно.



Борис Ефимович Прусенко

(8 декабря 1941 года—7 июня 2008 года)

7 июня 2008 года на 66-м году жизни скончался известный ученый в области технологий основного органического и нефтехимического синтеза, доктор технических наук, профессор, член редакционной коллегии журнала "Безопасность жизнедеятельности" Борис Ефимович Прусенко.

В 1964 году Б. Е. Прусенко окончил Московский институт нефтехимической и газовой промышленности имени И. М. Губкина. С момента окончания вуза вся трудовая деятельность Бориса Ефимовича была связана с РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина.

В 1970 году защитил кандидатскую, а в 1987 году — докторскую диссертацию. Область его научных интересов была обширна: химические технологии органических веществ, коллоидная химия, применение катализаторов, полимерные материалы. Приоритет научных разработок

подтвержден 46 авторскими свидетельствами на изобретение. В 2002 году за заслуги в области химической промышленности Борис Ефимовичу было присвоено почетное звание "Заслуженный химик Российской Федерации".

В 1988 году Б. Е. Прусенко возглавил кафедру охраны труда и окружающей среды (теперь — промышленной безопасности и охраны окружающей среды). На этом посту ярко проявились его организаторские способности. Была открыта подготовка дипломированных специалистов по специальности "Безопасность технологических процессов и производств", первый выпуск которых состоялся в 2000 году. Вдумчивая кадровая политика позволила сформировать дружный коллектив единомышленников с привлечением к педагогической и научной работе молодых выпускников.

Являясь членом учебно-методического совета "Техносферная безопасность" УМО вузов по университетскому политехническому образованию, Б. Е. Прусенко принимал активное участие в подготовке государственных образовательных стандартов в области подготовки специалистов по безопасности жизнедеятельности. За участие в научно-практической разработке "Создание и внедрение системы подготовки специалистов по безопасности жизнедеятельности в высших учебных заведениях" ему было присуждено звание Лауреата премии Президента РФ в области образования за 2003 год.

Профессор Б. Е. Прусенко автор более 200 научных публикаций, более 10 современных учебных пособий по всему спектру дисциплин учебного плана "Безопасность технологических процессов и производств". Подготовил 15 кандидатов наук и был научным консультантом четырех докторских диссертаций.

Борис Ефимович внес большой вклад в становление и развитие журнала "Безопасность жизнедеятельности", был постоянным его автором, активным членом редакционной коллегии. Последние полгода он исполнял обязанности главного редактора журнала. У него было много идей по его развитию в современных условиях, которые, мы надеемся, будут реализованы на страницах журнала.

Редакционный совет,
редакционная коллегия и редакция журнала

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 (495) 269-5397, тел./факс (495) 269-5510, e-mail: bjd@novtex.ru, <http://novtex.ru/bjd>

Художник В. Н. Погорелов. Дизайнер Т. Н. Погорелова.

Технический редактор Е. В. Конова. Корректор Т. В. Арбузова.

Сдано в набор 12.05.08. Подписано в печать 27.06.08. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч.-изд. л. 8,41. Заказ 681.

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

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

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