



# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

11(107)  
2009

**Редакционный совет:**

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

**Главный редактор**  
РУСАК О. Н.

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

**Ответственный секретарь**  
ПРОНИН И. С.

**Редакционная коллегия:**

ГЕНДЕЛЬ Г. Л.  
ГРУНИЧЕВ Н. С.  
ИВАНОВ Н. И.  
КАЛЕДИНА Н. О.  
КАРНАУХ Н. Н.  
КАРТАШОВ С. В.  
КАЧАНОВ С. А.  
КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н.  
КСЕНОФОНТОВ Б. С.  
КУКУШКИН Ю. А.  
МАСТРЮКОВ Б. С.  
МЕДВЕДЕВ В. Т.  
ПАНАРИН В. М.  
ПОЛАНДОВ Ю. Х.  
ПОПОВ В. М.  
СИДОРОВ А. И.  
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г.  
ФРИДЛАНД С. В.  
ХАБАРОВА Е. И.  
ЦХАДАЯ Н. Д.  
ШВАРЦБУРГ Л. Э.

## СОДЕРЖАНИЕ

Петербуржскому государственному университету путей сообщения — 200 лет . . . . . 2

### КАФЕДРА "ТЕХНОСФЕРНАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ"

**Титова Т. С., Лыщик А. В.** Становление и развитие кафедры "Техносферная и экологическая безопасность" Петербургского государственного университета путей сообщения . . . . . 6  
**Лыщик А. В., Якубчик Н. М.** Опыт Петербургского государственного университета путей сообщения в области подготовки специалистов по безопасности труда . . . . . 8

### БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

**Ефимова Е. И.** Мотивация безопасного труда . . . . . 10

### ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**Дмитриева Т. С., Титова Т. С.** Технология очистки поверхностей металлических изделий холодной плазмой. . . . . 12

### РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

**Титова Т. С., Красненко А. Ф., Иванюк С. В.** Ресурсосбережение при обращении с отработанными маслами в системе железнодорожного транспорта . . . . . 15

### ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

**Бабак Н. А.** Учет особенностей электронного строения промышленных отходов с целью их утилизации при производстве жаростойких бетонов . . . . . 20  
**Леванчук А. В.** Обоснование разработки информационно-аналитической технологии системы социально-гигиенического мониторинга . . . . . 24  
**Пронин А. П., Зальцман Г. К.** Экологические аспекты защиты селитебных территорий от шума подвижного состава железных дорог . . . . . 29  
**Рижинашвили А. Л.** Биологические объекты и химические процессы в пресных водоемах как элементы экологической безопасности в условиях интенсивного антропогенного воздействия . . . . . 35  
**Шилова Е. А., Юферева Л. М.** Что мы сажаем, сажая леса... К вопросу о концептуальном подходе озеленения городов . . . . . 40  
**Долгалева Л. М., Ефимова Е. И.** К оценке экологического состояния прирусловых лесов вблизи сети автомобильных грунтовых дорог на юге Читинской области . . . . . 44

### ОБРАЗОВАНИЕ

**Рыжова Е. Л., Зальцман Г. К.** Методика определения надежности системы обучения охране труда с использованием тренажера-имитатора . . . . . 50  
**Тихомиров О. И.** Повышение эффективности обучения вопросам безопасности труда на основе мультимедийных технологий . . . . . 53

**Приложение. Аполлонский С. М.** Электромагнитные поля в общей проблеме безопасности жизнедеятельности человека (начало — окончание в № 12—2009).

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



## Петербуржскому государственному университету путей сообщения — 200 лет

20 ноября 1809 г. (2 декабря по новому стилю) Манифестом Императора Александра I учреждены Корпус инженеров водяных и сухопутных сообщений и при нем — Институт, с 1810 г. — Корпус инженеров путей сообщения и Институт Корпуса инженеров путей сообщения.

Первый ректор и организатор института Августин Бетанкур (1758—1824), один из крупнейших ученых-механиков своего времени, имевший опыт организации подобного высшего учебного заведения в Мадриде, при составлении первых учебных планов и программ использовал самое лучшее в системе высшего технического образования в Европе.

В первые годы своего существования Институт готовил инженеров широкого строительного профиля и специалистов в области транспорта, в 1830-е годы в учебные программы курса строительного искусства были включены специальные разделы по строительству и эксплуатации железных дорог.

В эти же годы в Институте закладывались основы отечественной школы естественно-научных дисциплин. Из стен вуза вышла плеяда знаменитых инженеров-путейцев, среди них П. П. Мельников — академик, первый министр путей сообщения России, один из авторов проекта и строитель первой российской магистральной железной дороги Санкт-Петербург — Москва, и многие другие.

Первоначально Институт был открытым высшим учебным заведением с четырехлетним сроком обучения. Хотя воспитанники получали по окончании воинские звания, формально Институт считался гражданским учебным заведением. В декабре 1823 г. Институт Корпуса инженеров путей сообщения был преобразован в закрытое учебное заведение по образцу военных кадетских корпусов, и в учебные планы были включены военные дисциплины. В 1864 г. Институт вновь стал гражданским высшим учебным заведением первого разряда с пятилетним сроком обучения и стал именоваться Институтом инженеров путей сообщения Императора Александра I.

В Институте инженеров путей сообщения продолжалось совершенствование учебных курсов общеинженерных, строительных и транспортных дисциплин. В это же время профессора Института

начали читать лекции по новым научным дисциплинам: по теории упругости в приложении к расчетам сооружений; основаниям и фундаментам, практической фотографии; геологии и физической географии; электротехнике и передаче энергии на расстояние; по технологии строительных материалов и другие.

В конце XIX — начале XX вв. при самом активном участии питомцев вуза была сооружена Транссибирская магистраль — величайшая железная дорога всех времен и народов.

В 1910 г. инженерной, научной и академической общественностью широко отмечалось столетие образования института — первого высшего транспортного учебного заведения России. Вклад института и его питомцев в развитие транспортной системы страны и строительное искусство был высоко отмечен приветственным письмом императора Николая II.

Начало XX в. ознаменовалось созданием новых видов транспорта — электрического, автодорожного и воздушного. В связи с этим в Институте инженеров путей сообщения были открыты соответствующие кафедры и лаборатории.

С 1924 г. началась специализация на двух факультетах: сухопутных сообщений и водных сообщений. С 1928 года в Институте образованы три факультета: сухопутных, водных и воздушных сообщений, а также отделение военных сообщений. Позднее на базе этих четырех факультетов были созданы четыре новых самостоятельных высших учебных заведения: Ленинградский институт инженеров водного транспорта (ЛИИВТ, 1930), Ленинградский институт инженеров гражданского воздушного флота (ЛИИГВФ, 1930), Ленинградский автодорожный институт (ЛАДИ, 1931), Военно-транспортная академия (ВТА, 1932). После этой реорганизации ЛИИПС был переименован в Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта (ЛИИЖТ).

Во время Великой Отечественной войны преподаватели, студенты и выпускники Института оказали значительную помощь фронту. Их усилиями много сделано для восстановления разрушенной экономики в целом для страны, в особенности,

для Ленинграда и Октябрьской железной дороги. 1423 сотрудника и студента ЛИИЖТа погибли на фронтах и в блокадном Ленинграде.

После Великой Отечественной войны в Институте развиваются существовавшие и зарождаются новые научные школы. Под руководством выпускника института, министра путей сообщения СССР Б. П. Бещева (1903—1981) в стране осуществлено грандиозное по масштабам техническое перевооружение железнодорожной отрасли, в основе которого была замена паровой тяги на электрическую и тепловозную.

Большие заслуги коллектива института в деле подготовки специалистов для транспорта и вклад ученых в развитие отрасли были высоко отмечены руководством страны. В 1945 году Ленинградский институт инженеров железнодорожного транспорта "за успешную работу по подготовке кадров для железнодорожного транспорта и в связи со 135-летием со дня основания" награжден Орденом Ленина, а в 1984 г. "за большие заслуги в развитии транспортной науки, подготовке и воспитании высококвалифицированных кадров и в связи со 175-летием со дня основания" награжден Орденом Октябрьской Революции".

Во второй половине XX века в ЛИИЖТе продолжается совершенствование учебного процесса, углубляется связь с производством, создаются новые специализированные аудитории и лаборатории, в которых применяются современные технические средства обучения, открываются вычислительный центр и компьютерные классы, разрабатывается первый в практике вузов комплексный план учебно-воспитательной и научной работы, построен Дом физической культуры — один из лучших учебных спортивных комплексов города, организуются филиалы Института (Великолукский и Рижский), учебно-консультационные пункты.

### **Современный политехнический транспортный университет**

В 1993 г. учебное заведение получило статус технического университета и стало именоваться Петербургский государственный университет путей сообщения (ПГУПС).

Ученые Института — Университета принимают активное участие в реализации важнейших отраслевых научно-технических программ, включая по-

вышение веса поездов, увеличение пропускной способности железнодорожных линий, а также в осуществлении проектов скоростного и высокоскоростного железнодорожного движения.

С 1999 года ректором Университета является доктор технических наук, заслуженный работник транспорта Российской Федерации, профессор В. И. Ковалев. По всем направлениям деятельности: в системе учебно-методической и воспитательной работы, в научной работе, в обеспечении основных социально-экономических потребностей коллектива при изменившихся условиях работы вуза (в обстановке реформирования экономики страны и трансформации организационно-правовых основ функционирования отрасли) — достигнут ощутимый прогресс. Проведен полный комплексный ремонт практически всех корпусов вуза, обновлена техническая база учебных, научных лабораторий, осуществлен ремонт общежитий Университета.

С 1 сентября 2000 г. Университет начал подготовку студентов по новым учебным планам, разработанным в соответствии с государственными образовательными стандартами второго поколения. В 2002 г. и через пять лет — в 2007 г. Университет успешно прошел комплексную аттестацию комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации. Последней действующей лицензией, выданной Университету в 2007 г., было дано право осуществления образовательной деятельности по 4 программам среднего профессионального образования, 28 программам подготовки специалистов с высшим профессиональным образованием, 15 направлениям подготовки бакалавров, 8 направлениям подготовки магистров, а также 49 программам послевузовского образования через аспирантуру.

В период с 2000 по 2005 гг. в соответствии с потребностями региона и железнодорожного транспорта были организованы первые выпуски по 7 новым для Университета специальностям: "Информационные системы и технологии", "Инженерная защита окружающей среды", "Прикладная математика и информатика", "Стандартизация и сертификация", "Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем", "Маркетинг", "Безопасность технологических процессов и производств".



В 2005 г. открыта подготовка по специальности "Информационная безопасность телекоммуникационных систем" и по направлению бакалавриата — "Психология". С 2009 г. началась подготовка бакалавров по направлению "Системный анализ и управление".

В настоящее время в Университете обучается всего студентов:

- 13 197 чел.;
- в том числе:
  - 7226 чел. по очной системе;
  - 5971 чел. по очно-заочной и заочной системе;
  - 6658 чел. — на платной основе;
  - 331 чел. — граждан СНГ и Балтии,
  - 42 чел. — граждан из стран дальнего зарубежья.

По программе высшего профессионального образования обучаются 12 790 чел., по программе среднего профессионального образования — 407 чел.

В Университете в 2004—2008 гг. была успешно осуществлена рассчитанная на пять лет целевая программа компьютеризации и информатизации — первая подобная комплексная программа, реализованная в вузах отрасли. Ее главной задачей являлось создание информационной инфраструктуры, электронных образовательных ресурсов и единой образовательной среды, обеспечение защиты информационных ресурсов, массовое производство и внедрение программных продуктов дистанционного обучения, использование средств автоматизации библиотечной деятельности, внедрение АИСУ-вуз.

К 2008 г. в Университете создана сеть, включающая около 1700 ед. персональных компьютеров, из них более 1400 — класса Pentium и выше. Компьютерная сеть реализована на базе международных стандартов, имеет выходы в Интернет и в отраслевую систему передачи данных, включает 45 компьютерных классов (в том числе 3 — в общежитиях), 40 учебных классов в Университете оснащены мультимедийным оборудованием с необходимым компьютерным обеспечением, введен в эксплуатацию уникальный учебный центр управления процессами перевозок, созданный на базе одного из самых больших в мире макетов железной дороги и локальной компьютерной сети.

Оснащение Университета компьютерами отвечает требованиям передовых вузов Европы: показатель приведенного контингента студентов на один

персональный компьютер типа Pentium составляет 8 человек.

В Университете создан Центр информационных технологий в обучении, который рассматривается, наряду с научно-технической библиотекой Университета как одна из структур вуза, предназначенная для создания, хранения и интерактивного использования корпоративных электронных образовательных ресурсов, прежде всего электронных учебно-методических комплексов (ЭУМК). На базе Центра реализуются перспективные технологии дистанционного обучения.

Далеко за рамки одной отрасли выходит деятельность Института повышения квалификации и переподготовки руководителей и специалистов, созданного в 2003 г. на базе Центра дополнительного профессионального образования (Факультета повышения квалификации руководителей и специалистов) Университета. В течение года в этом Институте проходит обучение около 10 тыс. слушателей, для которых разработано более чем 200 учебных программ.

За последнее десятилетие существенно увеличилось количество иностранных студентов, обучающихся в Университете. Ведется подготовка специалистов как для стран ближнего, так и дальнего зарубежья: для Китайской народной республики, Узбекистана, Казахстана, стран Африки, Латинской Америки. Весьма успешна деятельность Центра русского языка, созданного в 2003 г. при кафедре русского языка, который предлагает иностранным гражданам обучение русскому языку по специальным программам, разработанным на основе государственных стандартов.

Воспитательная работа в Петербургском государственном университете путей сообщения осуществляется в соответствии с Концепцией воспитания студентов. Во II Всероссийском конкурсе моделей воспитательной деятельности Министерства образования РФ Университет был награжден дипломом I степени. Для организации единого воспитательного пространства создано Управление по воспитательной работе. В его состав входят Студенческий клуб, Организационный отдел и Отдел воспитательной работы в общежитиях.

Особое внимание уделяется развитию студенческого самоуправления. На каждом факультете и в общежитиях ежегодно в сентябре проходят отчетно-выборные конференции, представители Уни-



верситета четыре года возглавляли Студенческий совет Санкт-Петербурга. С 2005 года на базе ПГУПС проводится ежегодная Общероссийская студенческая конференция "Студенческое самоуправление в вузах России". В вузе работает профсоюзный комитет студентов, а также художественный и спортивные советы и клуб старост.

Входящие в научно-исследовательскую часть Университета подразделения — институты, внедренческие центры, лаборатории и группы, нацелены на полный завершённый цикл: "поисковые исследования — разработка — внедрение в производство".

В дополнение к существовавшим ранее в Университете созданы более 10 научных подразделений, в том числе: Научно-исследовательский институт управления качеством на железнодорожном транспорте; Институт прикладной экономики и бухгалтерского учета, Научно-исследовательский центр "Экологическая безопасность и охрана труда"; Отраслевой центр психологических исследований, Научно-внедренческий центр электротехнических систем; Лаборатория "Автоматизация технического обслуживания систем железнодорожной автоматики"; Опытная научно-производственная база строительных материалов и другие. Ряд из них являются уникальными и не имеют аналогов в железнодорожных вузах.

Общий объем хозяйственных работ в Университете достиг к 2003 году 284,1 млн руб. В 2008 г. Университет выполнил хозяйственных научно-исследовательских работ на сумму более 800 млн руб.

Ежегодно на базе Университета проводится 15—18 научных конференций и семинаров. Среди них наиболее значимыми являются "Информационные технологии на железнодорожном транспор-

те", конференция проводится ежегодно, участвует около 500 специалистов; "Электрификация и ускорение научно-технического прогресса на железнодорожном транспорте", проводится один раз в два года, участвуют 300—400 человек; "Современные средства и технологии неразрушающего контроля на железнодорожном транспорте", проходит ежегодно, число участников около 150 человек; "Подвижной состав XXI века", проходит один раз в два года, собирает до 300 участников.

За значительный вклад в развитие Санкт-Петербурга 92 сотрудника Университета награждены медалью "В память 300-летия Санкт-Петербурга", а Университет получил диплом (единственный вуз в городе) от правительства и руководства городской и областной администрации, законодательного собрания на торжественной церемонии "Петербургский бизнес — 300 лет во славу России" в номинации "общественное признание" (май 2003 г.).

По итогам рейтинговых оценок, проводимых Министерством образования РФ, Петербургский государственный университет путей сообщения в последние годы занимает 10—13 место среди 175 технических вузов России.

Коллектив вуза подходит к юбилею — 200-летию со дня основания Университета — в обстановке консолидации, понимания сложности предстоящих задач, дальнейшего укрепления учебно-материальной базы и ее развития во взаимосвязи с наукой и производством, качественной подготовки и полной востребованности транспортной отраслью специалистов, их устойчивым авторитетом на рынке труда, в акционерных компаниях и предприятиях.

Ректорат  
e-mail: pgupsobs@rambler.ru

**Т. С. Титова**, д-р техн. наук, проф., **А. В. Лыщик**, канд. техн. наук, доц.,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
E-mail: mihali@yandex.ru

## Становление и развитие кафедры "Техносферная и экологическая безопасность" Петербургского государственного университета путей сообщения

Кафедра была образована в 1950 г. для преподавания студентам курса "Техника безопасности". Первым заведующим кафедрой, которая имела название "Техника безопасности", а затем "Охрана труда", был канд. техн. наук, доц. П. Н. Болховитинов. Начиная с 1955 г. по 1966 г. кафедрой возглавляла канд. техн. наук, доц. Л. А. Хохлова, с 1966 и по 1976 гг. — канд. техн. наук, доц. Г. Е. Скородумов, с 1976 по 1977 гг. — канд. техн. наук, доц. Е. В. Бобин, с 1977 по 1992 гг. — д-р техн. наук, проф. Н. Н. Маслов, с 1992 по 2006 гг. — канд. техн. наук, проф. Г. К. Зальцман, с 2006 г. и по настоящее время — д-р техн. наук, проф. Т. С. Титова.

В 1960 г. на кафедре была организована отраслевая научно-исследовательская лаборатория (ОНИЛ) по борьбе с производственными шумами, а в 1965 г. — научно-исследовательская лаборатория "Транспортная эстетика" (НИЛТЭ). В 1995 г. была сформирована единая ОНИЛ, которая в 2006 г. была преобразована в сертифицированный научно-исследовательский центр "Безопасность и охрана труда", объединивший все исследования по охране труда, проводимые на кафедре. Впоследствии этот центр был преобразован в научно-исследовательский центр "Экологическая безопасность и охрана труда".

В 1996 г. был создан Экспертно-информационный центр средств коллективной и индивидуальной защиты работников железнодорожного транспорта, предназначенный для ознакомления работников железнодорожного транспорта с последними достижениями в области разработки таких средств защиты, как противогазы, респираторы, новые виды спецодежды и т. п.

С 2006 г. кафедра носит название "Техносферная и экологическая безопасность". В 2009 г. состав кафедры и круг ее деятельности резко расширились в результате присоединения кафедры "Инженерная экология". Учебную и научную работу кафедры обеспечивают четыре профессора, 19 доцентов, старший преподаватель и шесть ассистентов. Кафедра выпускает инженеров по двум специальностям: "Безопасность технологических процессов и производств" и "Инженерная защита окружающей среды".

*Основные направления профессиональной деятельности по специальности "Безопасность технологических процессов и производств":*

- менеджмент и маркетинг производственной сферы по вопросам безопасности труда;
- организация и управление безопасностью труда и перевозок на транспорте и в промышленности, разработка безопасной техники и технических процессов на основе эргономических и инженерно-психологических исследований, обеспечение экологической безопасности современного производства;
- работа в правовых и административных органах по обеспечению безопасности труда;
- система подготовки и профессионального обучения по вопросам безопасности труда и экологии;
- разработка средств коллективной и индивидуальной защиты;
- обеспечение экологической безопасности производства и рационального использования природных ресурсов;
- научные исследования в области безопасности труда и экологии, создание систем информационного обеспечения в социальной, технической и экономической сферах.

*В программу обучения включаются:*

- фундаментальная инженерная подготовка;
- изучение современных технических систем и организационных структур железнодорожного транспорта, промышленности, строительства;
- широкий спектр современных компьютерных технологий;
- основы проектирования безопасной техники, технологических процессов и производств, правовые основы безопасности труда, экологии, современного производства, мониторинг и обеспечение защиты окружающей среды;
- санитария и гигиена труда, основы управления, педагогика, психология и эргономика, социальные и экономические основы безопасности труда.
- учебные заведения всех уровней (от учебных комбинатов до вузов).

За время обучения по специальности "Инженерная защита окружающей среды" студенты смогут

освоить уникальную, современную и одну из наиболее востребованных профессий XXI века.

Приобретенные знания в области профессиональной деятельности инженера-эколога позволяют выпускнику самостоятельно принимать решения и участвовать в работе на следующих направлениях:

— организация и управление природоохранной работой на предприятиях и территориально-промышленных комплексах;

— экспертиза проектов, технологий и производств;

— сертификация продукции с целью достижения максимальной экологической безопасности хозяйственной деятельности человека и снижения риска антропогенного воздействия на окружающую среду.

Кафедра имеет самое современное лабораторное оборудование, которое позволяет ей наряду с учебным процессом проводить широкий спектр научных исследований.

*В области экологической безопасности:*

- разработка и согласование проектов предельно-допустимых выбросов в атмосферу, предельно-допустимых сбросов в водные объекты, предельно-допустимых норм размещения отходов, размеров; санитарно-защитных зон;
- расчет класса опасности, согласование паспортов опасных отходов;
- разработка проектной документации по нормативам вибрационного и шумового воздействия на окружающую среду (акустический расчет);
- экспертиза проектной документации для получения санитарно-эпидемиологического заключения;
- химический анализ атмосферного воздуха и воздуха рабочей зоны;
- исследований по обеспечению экологической безопасности и производственной санитарии, оценка экологического риска и риска утраты здоровья работающих;
- измерения по определению загрязняющих веществ во всех средах различных производственных процессов: в промышленных выбросах в атмосферу (металлы, оксиды азота, диоксид серы, фенол, пыль и др.); в почвах (нефтепродукты и др.); в сточных водах (фенолы, нефтепродукты, металлы);
- разработка мероприятий по очистке почвенных экосистем от нефтепродуктов;
- защита атмосферы и снижение воздействия вредных факторов производства на окружающую среду;
- разработка способов очистки сточных вод;
- оценка влияния шума и вибрации на окружающую среду;
- биотестирование и биоиндикацию при экологической оценке состояния окружающей среды;
- проведение количественной и качественной оценки влияния железнодорожного транспорта на состояние природных комплексов;

- нормирование уровня антропогенных воздействий от различных видов деятельности по организации перевозок на окружающую среду;
- создание современных процессов, технологий, подвижного состава, оборудования и транспортных систем, потребляющих минимальное количество природных ресурсов и минимально загрязняющих окружающую среду;
- ресурсосберегающие технологии путем очистки отработанных дизельных масел;
- разработка и реализация экономических механизмов управления охраной окружающей среды.

*В области техносферной безопасности:*

Аттестация рабочих мест в полном объеме, которая включает:

- аттестацию рабочих мест по условиям труда в полном объеме ("под ключ");
- инвентаризацию рабочих мест, анализ штатного расписания, составление технического задания на аттестацию рабочих мест;
- проведение замеров опасных и вредных производственных факторов;
- определение показателей тяжести и напряженности трудового процесса;
- обследование рабочих мест по фактору травмобезопасности и обеспеченности СИЗ;
- оформление протоколов и составление карт аттестации рабочих мест;
- составление ведомостей и подготовка плана мероприятий по оздоровлению условий труда;
- разработку программы производственного контроля и ее реализацию;
- разработку документов по охране труда (инструкции, правила и т. п.);
- разработку мультимедийных компьютерных обучающих программ по безопасности труда.

На кафедре активно функционирует студенческое научное общество, разработки которого находят применение на производстве. Кадры высшей квалификации готовят в аспирантуре. За время существования кафедры подготовлено 2 доктора и более 20 кандидатов технических наук; опубликовано более 200 крупных учебно-методических и научных трудов, несколько учебников; получено около 80 авторских свидетельств на изобретения и патентов.

Преподаватели, научные сотрудники и аспиранты кафедры активно участвуют в работе различных международных конференций и выставок. Их работа отмечена многочисленными наградами и дипломами. В частности, отдельно нужно отметить, что успехи сотрудников кафедры были отмечены президентом ОАО РЖД В. И. Якуниным. Серия мультимедийных компьютерных программ "Наглядная безопасность и охрана труда" получила золотую медаль конкурса на лучшее инновационное решение в области безопасных условий труда.



Уже традиционной стала организуемая кафедрой совместно с ОАО РЖД международная конференция "Техносферная и экологическая безопасность на транспорте" (ТЭБТРАНС), которая в 2008 году проводилась на базе государственного комплекса "Дворец конгрессов" ("Константиновский дворец"). В конференции приняли участие около 300 человек. На конференции были рассмотрены инновационные проекты в сфере разработки средств защиты производственников и специалистов, работающих в различных транспортных отраслях, а также вопросы аттестации рабочих мест в зависимости от условий труда на предприятиях транспорта, проведения организационно-технических, санитарно-гигиени-

ческих, лечебно-профилактических, правовых мероприятий по достижению техносферной и экологической безопасности транспортных средств и соответствующих производств. Участники обсуждали проблемы подготовки специалистов в области техносферной безопасности на транспорте. В рамках конференции работала большая выставка. Весьма плодотворной оказалась и последующая поездка в г. Турин (Италия) для ознакомления с деятельностью Международной организации труда (МОТ). Специалисты в области техносферной и экологической безопасности всегда с нетерпением ждут очередной конференции ТЭБТРАНС в ПГУПСе.

УДК 016.64

**А. В. Лыщик**, канд. техн. наук, доц., **Н. М. Якубчик**, доц.,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
E-mail: mihaili@yandex.ru

## Опыт Петербургского государственного университета путей сообщения в области подготовки специалистов по безопасности труда

*В статье приводится опыт кафедры "Техносферная и экологическая безопасность" Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Петербургский государственный университет путей сообщения" в области подготовки квалифицированных инженеров по специальности 280102.65 "Безопасность технологических процессов и производств".*

**Ключевые слова:** железнодорожный транспорт, безопасность, Петербургский государственный университет путей сообщения.

**Lyschik A. V., Yakubchik N. M. Experience of the Petersburg State Transport University on preparation of experts in the field of industrial safety**

*In this article the experience of the chair of "Technosphere and environmental safety" of State Educational Institution of higher vocational education "Petersburg State Transport University" is given. The experience is carried in the field of qualified engineers' preparation on specialty 280102.65 "Safety of technological processes and manufactures".*

**Keywords:** railway transport, safety, Petersburg State Transport University.

Железнодорожный транспорт — это необходимая, но потенциально опасная сфера человеческой деятельности, риск которой обусловлен многими факторами. Это и круглосуточная сменная работа вне зависимости от времени года и погодных условий, при ограниченной видимости в темное время суток, и необходимость для работников многих профессий находиться в зоне движения составов, и стесненное рабочее пространство, подчас заключенное между габаритом подвижного состава и габаритом приближения строений, и значительная длина тормозного пути движущегося на высокой скорости поезда, и многие, многие другие. В этих трудных условиях особую роль имеет деятельность специалистов по безопасности труда, усилия которых должны обеспечивать неприкосновенность жизни и сохранность здоровья, как пассажиров, так и работников железнодорожного транспорта.

Именно необходимость качественной подготовки квалифицированных специалистов данного профиля привела к тому, что в 2002 году в Петербургском государственном университете путей сообщения был объявлен первый прием студентов на специальность 280102 "Безопасность технологических процессов и производств", выпускники которой получают квалификацию инженера и становятся





специалистами-профессионалами, владеющими всеми необходимыми знаниями для создания безопасных, высокопроизводительных и экологически чистых технологических процессов и производств промышленности и транспорта.

Обучение по специальности проводится на кафедре "Техносферная и экологическая безопасность" Петербургского государственного университета путей сообщения. Кафедра существует более 50 лет и является одной из старейших кафедр страны этого профиля, имеет богатый опыт по переподготовке и повышению квалификации специалистов с присвоением им права деятельности по безопасности труда.

В Петербургском государственном университете путей сообщения создана и эффективно используется Внутривузовская система оценки деятельности кафедр университета, являющаяся составной частью комплексной системы управления качеством образования. Целью данной системы является определение показателей деятельности кафедр и обеспечение объективного анализа их работы с выработкой конкретных предложений по повышению уровня подготовки специалистов. Основные показатели деятельности кафедры "Техносферная и экологическая безопасность" по итогам 2008 г. приведены в табл. 1.

По итогам рейтинга кафедр университета за 2008 г. кафедра "Техносферная и экологическая безопасность" заняла 4-е место среди выпускающих кафедр (всего в университете более 50 различных кафедр), при этом заняв третье место по учебно-методической работе, научно-организационной деятельности, развитию лабораторной базы, пятое место — по научной работе.

В 2007—2009 годах кафедрой были произведены первые выпуски специалистов по специальности "Безопасность технологических процессов и производств", качественные и количественные характеристики которых приведены в табл. 2.

Несмотря на то, что прошло всего три выпуска, уже 56 молодых специалистов работают на транспорте и в промышленности, отдавая свои силы и энергию благородному делу обеспечения безопасности окружающих, сохранению жизни и здоровья людей именно тогда, когда сделать это можно наиболее эффективно — до наступления несчастных случаев, аварий и других неблагоприятных последствий.

В настоящее время более 100 студентов ПГУПС, обучающихся по специальности "Безопасность технологических процессов и производств", повышают свой образовательный уровень, получают необходимые знания и готовятся к тому моменту, когда им придется применять полученные навыки на

Таблица 1

| Наименование показателя  | Значение показателя |
|--|---------------------|
| Число профессорско-преподавательского состава, чел.  | 30                  |
| Число студентов, обучаемых по специальности "Безопасность технологических процессов и производств", чел. | 127                 |
| Число студентов, славших сессию в срок, чел.   | 84                  |
| Количество учебных пособий, изданных по дисциплинам кафедры, шт.   | 22                  |
| Общий объем учебных пособий, печ. л.   | 69,91               |
| Количество методических указаний, шт.  | 36                  |
| Количество учебных пособий и учебников, изданных с грифами министерств и УМО, шт.                        | 4                   |
| Общий объем учебных пособий и учебников, изданных с грифами министерств и УМО, печ. л.                   | 57,5                |
| Количество изданных монографий, шт.  | 6                   |
| Общий объем монографий, печ. л.  | 29,85               |
| Количество опубликованных статей   | 270                 |
| Количество тезисов докладов  | 41                  |
| Объем научно-исследовательских работ, выполненных собственными силами, тыс. руб.                         | 9906,46             |
| Стоимость обучения целевых студентов, тыс. руб.  | 960                 |
| Объем средств, заработанных за обучение платных студентов, тыс. руб.                                     | 5077,45             |
| Стоимость обучения групп по переподготовке и повышению квалификации, тыс. руб.                           | 9882                |
| Количество студентов, участвующих в работе студенческого научного общества, чел.                         | 84                  |
| Количество студентов, участвовавших в конкурсах грантов и проектов, чел.                                 | 34                  |
| Число полученных грантов   | 10                  |

Таблица 2

| Годы | Всего выпускников | Получили дипломы с отличием | Число дипломов, выполненных по заявкам предприятий | Результаты защиты дипломов |        |                   |
|------|-------------------|-----------------------------|--|----------------------------|--------|-------------------|
|      |                   |                             |  | отлично                    | хорошо | удовлетворительно |
| 2007 | 18                | 7                           | 16   | 15                         | 3      | —                 |
| 2008 | 20                | 8                           | 4  | 13                         | 7      | —                 |
| 2009 | 18                | 9                           | 2  | 11                         | 7      | —                 |

железнодорожном транспорте, предотвращая чрезвычайные ситуации, обеспечивая такие безопасные и безвредные условия труда, чтобы никому не приходилось проявлять героизм, оплачивая сохранение чужих жизней своей собственной, чтобы железнодорожники каждый день возвращались домой с работы живыми и здоровыми, и умирали в преклонном возрасте, окруженные многочисленными родными и близкими, а не погибали в расцвете лет на своих рабочих местах.

УДК 658.382.3:656

**Е. И. Ефимова**, д-р пед. наук, канд. техн. наук, проф.,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
E-mail: eeio509@yandex.ru

## Мотивация безопасного труда

*Мотивация безопасного труда личности определяется внутренними и внешнеобусловленными мотивами. Мотив формируется посредством удовлетворения потребности. Важно, чтобы потребность в безтравматическом труде стала внутренне значимой для каждого человека и выступала фактором, предпосылкой, критерием, условием сформированности социальной ответственности, как бизнеса, так и личности.*

**Ключевые слова:** мотивация, потребность, культура безопасного труда, социальная ответственность.

### **Efimova E. I. Safe work motivation**

*Personal safe work motivation is defined by internal and external motives. The motive is formed by means of need satisfaction. It is important, that the safe work need becomes internally significant for each person and acts as factor, prerequisite, criterion and condition of forming the social responsibility of business and person.*

**Keywords:** motivation, need, culture of safe work, social responsibility.

Решение проблем, возникающих в техносфере, лежит в двух областях, которые и определяют сущность этого понятия. Первая область связана с техникой, что позволяет находить выход из опасных ситуаций, обусловленных функционированием любого технического объекта, путем принятия решения в процессе его проектирования, строительства или эксплуатации. Вторая область характеризуется субъективным фактором, а именно, теми качествами личности: социальной ответственностью, культурой безопасного труда, которыми обладают проектировщик, строитель или эксплуатационник.

Подход к поиску решения проблем только путем создания безопасной техники, технологий и средств защиты не оправдывает себя, поскольку пока нельзя полностью вывести из технологических процессов людей. Люди же сами, наряду с техническими системами, являются источниками опасности. Это подтверждает и статистика, которая говорит о том, что от 80 до 90 % несчастных случаев на производстве напрямую или опосредованно зависят от человеческого фактора. Это ошибка "оператора" (собственно исполнителя) и организатора работ, несущего ответственность за безопасность процессов.

В основе любой целенаправленной деятельности человека лежит мотив, под которым будем пони-

мать осознанное побуждение к деятельности, вызванное какой-то определенной его потребностью. У человека это может быть биологическая, социальная или идеальная потребность. Потребности возникают, когда нарушаются внутренние условия существования организма (заданные эволюцией вида) и личности (заданные культурой, в которой сформировалась личность, в том числе и культурой безопасного труда). Если говорить о потребности личности в безтравматическом труде, то она, с одной стороны, определяется первичной потребностью человека в безопасности, с другой стороны — сформированной профессиональной культурой, включающей в себя и культуру безопасного труда.

Осознание потребности в форме мотива как побуждения к деятельности связано с формированием общей стратегической цели деятельности или ее результата — удовлетворения данного мотива, а, следовательно, и потребности.

Поскольку при осуществлении деятельности происходит развитие и совершенствование человека как субъекта деятельности, представление о конечном результате также может изменяться в сторону его уточнения и совершенствования.

Стратегическая цель такая, например, как организация безтравматического труда, имеет слишком общий характер, чтобы быть достигнутой в той форме, в которой она первоначально возникает. К тому же она может быть удовлетворена самыми разными конкретными путями и способами. В связи с этим следующим этапом деятельности становится выбор конкретной цели, способной удовлетворить данный мотив, например, снижение травматизма на производстве путем внедрения современной техники и использования новейших технологий, позволяющих вывести из опасной зоны работающих технических устройств человека, или формирование у работника культуры безопасного труда, в результате которого он ответственен не только за состояние техники, но и за собственную жизнь, жизнь и безопасность других людей. Последнее определяет развитость у него такого качества личности как социальная ответственность в соответствии с основными принципами, изложенными в Руководстве по социальной ответственности МС ИСО 26000:2008.

Формирование и выбор конкретной цели переводит выполнение деятельности на уровень осуществления ряда промежуточных действий. Для того чтобы наметить конкретную цель, необходимо проанализировать актуальную ситуацию, имеющую

отношение к данной деятельности. Так, выполнение производственной программы зачастую становится определяющим мотивом деятельности, отводя на последующий план процедуры, связанные с обеспечением безопасности этого процесса. Результат восприятия и интерпретации ситуации зависит от системы знаний (значений), которыми располагает субъект. Состояние системы современного технического образования в области безопасности жизнедеятельности и, в частности, в том, что касается охраны труда работающего, не позволяет сформировать достаточных практикоориентированных знаний. Это обусловлено отстраненностью или вернее самоустранением специалистов выпускающих кафедр от преподавания специальных дисциплин в контексте неразрывной связи проектирования, строительства и эксплуатации объектов с обеспечением их безопасности для работающих.

Надо отметить, что психологические аспекты безопасности труда не находят должного отражения в программах обучения по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности". Поэтому необходимо, чтобы при обучении в системах начального, среднего, высшего профессионального и послевузовского образования проблемы профессиональной подготовки, формирования профессиональной культуры специалиста неотъемлемой частью включали и вопросы формирования культуры безопасного труда. Технологическая подготовка к выполнению профессиональных операций и обучение безопасным приемам их проведения — задача двуединая. Разделение этих задач — путь к производственному травматизму.

Особое внимание должно уделяться целеполаганию при постановке конкретных производственных задач. Цель развития общества — удовлетворение потребностей личности, главными из которых являются потребности в безопасности и социализации (А. Маслоу). Важно отметить, что безопасность конкретной личности связана с безопасностью других людей. Это, с организационной точки зрения, подтверждается существующими на предприятиях системами управления охраной труда (СУОТ), процессным подходом в их реализации.

Эффективность СУОТ определяется степенью развитости социальной ответственности как бизнеса, так и работника, создающего социальные блага. Сформированная культура безопасного труда может выступать фактором, критерием, условием социальной ответственности.

Уместно определить некоторые теоретические основания вводимому понятию "социальная ответственность" в контексте формирования культуры безопасного труда.

В философии ответственность связывается с такими категориями как "свобода", "необходимость", "долженствование", "совесть" (Ж.-П. Сартр, Э. Фромм, И. Кант, И. Фихте, Гегель, С. Франк и др.).

Психологические механизмы ответственного поведения изучали Л. Берковиц, Л. Даниэльс, Д. Дарлей, Д. Латане, К. Муздыбаев и др. С точки зрения психологии развитие социальной ответственности происходит в процессе включения личности в деятельность (М. С. Каган, В. Н. Мясичев, И. А. Абульханова-Славская, Л. С. Рубинштейн, А. Н. Леонтьев и др.) и общение (А. А. Бодалев, А. В. Петровский, К. Е. Левитин и др.).

Современные ученые связывают процесс развития социальной ответственности личности с ее социализацией (О. Н. Ореховский, А. Ф. Плахотный, Е. М. Пеньков, В. П. Тугаринов, Э. В. Ильенков, Л. И. Грядунова и др.). Поскольку в социологии личность рассматривается как субъект общественных отношений, то "жизнь и деятельность человека в обществе немыслима без того, чтобы он не регулировал и не контролировал свои отношения с другими людьми, с обществом в целом, не осознавал себя, своей деятельности и своей ответственности" (А. Ф. Плахотный).

По мнению А. Н. Леонтьева, именно мотив определяет вид и содержание деятельности. Поэтому при смене мотива происходит, по сути дела, смена старой деятельности на новую, т. е. старая деятельность распадается и формируется новая деятельность, содержание которой соответствует новому мотиву. Необходимо, чтобы новым мотивом для современных работников был мотив развития и саморазвития культуры безопасного труда как внутренне значимой для личности деятельности, возникающей в ответ на созданные для этого условия в стране, отрасли, организации.

*Традиционно в психологии выделяют две группы мотивов трудовой деятельности: внутренние мотивы, связанные с самим процессом труда, и внешние мотивы, находящиеся вне его содержания. В первом случае процесс труда доставляет человеку удовольствие и радость. Во втором случае в качестве мотивов выступают значимые для личности факторы (например, материальная выгода, социальное признание, возможность личностного и профессионального роста, получение возможности доступа к большому объему разносторонней информации и т. д.).*

Организация труда работающих на конкретных трудовых местах предполагает разработку их режима труда и отдыха; контроль за функциональным состоянием исполнителя; охрану и психогигиену труда; оценку результатов труда; использование способов поощрения за безтравматический труд и порицания за нарушения правил безопасной эксплуатации производственных объектов и т. п.

Все это влияет на мотивацию безопасного труда во всей совокупности внешних и внутренних мотивов личности.

УДК 504.064.43

**Т. С. Дмитриева, Т. С. Титова**, д-р техн. наук, проф.,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
E-mail: tamila@pgups.ru

## Технология очистки поверхностей металлических изделий холодной плазмой

*Описан метод новой экологически безопасной технологии очистки холодной плазмой поверхностей металлопроката и металлоизделий из них.*

**Ключевые слова:** технология холодной плазмы; очистка металлоизделий.

**Dmitrieva T. S., Titova T. S. Technologie of surfaces of metal rolling by cold plasma**

*Description method new ecologically safe technology of clearing by cold plasma of surfaces of metal rolling and hardware from them.*

**Keywords:** technologies cold plasma; surfaces of metal rolling.

### 1. Влияние подготовки поверхности металлических изделий на производственную и экологическую безопасность

Для показателей качества изготовления или ремонта металлопродукции важным и ответственным является подготовка поверхности, которая влияет не только на технологические характеристики, но и в значительной степени на показатели безопасности.

Вот только два примера.

1. Безопасная эксплуатация пассажирского поезда зависит от состояния поверхности только одной подвагонной тележки.

2. Некачественная подготовка поверхности отливки не позволит получить достоверные сведения по внутренним дефектам, а незамеченный дефект будет возможной причиной развития внутренней трещины при эксплуатации (например — при ударных нагрузках), что приведет к разрыву металла и аварии.

При этом металлопрокат и металлические изделия из него, поступающие к потребителям или в ремонт после эксплуатации, имеют на поверхности загрязнения различного происхождения в виде:

— оксидной пленки (прокатной окалины, ржавчины);

— разнообразных технологических смазочных материалов — масел, ингибиторов для длительного хранения и жировых покрытий;

— неорганических покрытий (металлических и неметаллических);

— органических покрытий (лакокрасочных);

— покрытий полимерными материалами и пр.

Крайне важно и то, что работа с неочищенной металлопродукцией негативно воздействует на экологическую безопасность производства, наличие опасных отходов отрицательно влияет на здоровье работающих (профзаболевания).

Таким образом, качественная эффективная очистка поверхностей металлоизделий от различных загрязнений является одной из основных проблем при производстве и эксплуатации металлоизделий.

### 2. Анализ существующих технологий очистки

В технологических процессах на различных этапах изготовления или ремонта металлоизделий в области машиностроения (вагоностроения, вагоноремонта) и металлургии в основном используются традиционные, такие небезопасные способы очистки металлических поверхностей как пескоструйная, дробеметная, виброабразивная, гидроструйная и др., а также кислотнo-щелочное травление, обезжиривание, обессмоливание, мойка, слесарная зачистка (особенно после сварочно-наплавочных работ) и др.

Указанные способы нельзя признать ни экологически чистыми, ни безопасными, ни универсальными, ни дешевыми, ни отвечающими современным требованиям качества очистки, так как при их использовании:

- необходимо применение таких дополнительных ресурсов, как воды, энергии, топлива, расходных материалов и т. д.;
- происходит загрязнение окружающей среды (атмосферы, воды, почвы);

- оказывается вредное воздействие на человека, вследствие чего требуются дорогостоящие системы безопасности, средства защиты и контроля (с их периодическими испытаниями) для сохранения здоровья населения, профилактические мероприятия и т. д.;
- требуются дорогостоящие очистные сооружения замкнутого цикла, а в случае выбросов напрямую в окружающую среду — дополнительные дорогостоящие системы защиты и контроля;
- образуются дополнительные отходы производства;
- применяется техника, требующая дополнительных дорогостоящих средств и систем защиты и контроля;

Основным же недостатком указанных технологий очистки является тот факт, что изделия сразу же после очистки начинают интенсивно корродировать.

### 3. Метод очистки поверхностей металлоизделий холодной плазмой\*

Избежать вышеуказанных недостатков предлагается применив метод очистки поверхности холодной плазмой. С этой целью была разработана (сейчас на стадии запуска в производство) роботизированная линия очистки, которая включает в себя комплексное устройство для очистки поверхности металлоизделия холодной плазмой; устройство для приема (установки) изделия; систему газонапуска (подачи сжатого воздуха, газов, их смесей); блок управления подачей сжатого воздуха (газов); генератор низкотемпературной плазмы ГНТП (плазматроны); установку энергетическую для питания плазменных модулей; блок управления энергетической установкой; манипулятор с плазменным модулем; линию перемещения манипулятора; пульт управления плазменным модулем и процессом очистки (технологическими режимами); приборную панель для контроля (за режимами процесса, качества очистки); устройство согласования и воспроизводимости управления процессом, геометрических перемещений плазменного модуля в разных направлениях, соединительные кабели (сильфонные шланги), комплекс переработки отходов производства (система фильтров), ограждение. Некоторые из перечисленных элементов представлены на рисунке.

\* Холодной (низкотемпературной) плазмой считается плазма с ионной температурой  $10^6 \dots 10^8$  К.

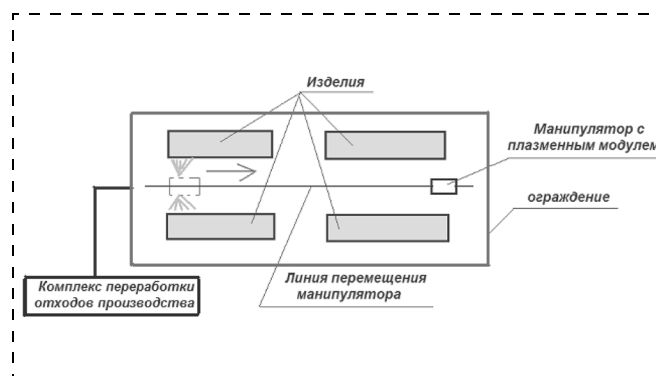


Схема линии очистки металлоизделий холодной плазмой

#### Технические характеристики линии очистки

|  |             |
|--|-------------|
| Напряжение, В/частота питающей сети, Гц. . . . . | 380/50...60 |
| Потребляемая мощность, кВт . . . . .             | 120         |
| Номинальный ток, А. . . . .                      | 500         |
| Расход газа, м <sup>3</sup> . . . . .            | 800         |
| Скорость обработки, м/с. . . . .                 | 0,17        |

Управление технологической операцией производится дистанционно с пульта управления по задаваемой программе (с выборкой режимов).

Принцип работы плазменной установки и плазменного инструментария для обработки поверхностей металлопродукции и очистки от любых видов загрязнений заключается во взаимодействии холодной (низкотемпературной) плазмы с поверхностью очищаемого изделия и восстановления железа из окислы в плазме дугового разряда. Моделирование плазмохимического восстановления окислы проводилось на смеси  $Fe_2O_3$  в конденсированной фазе с различными газами и их смесями, также воздухом и с использованием автоматизированной системы термодинамических расчетов.

Линия очистки предназначена для качественной очистки всевозможных металлоизделий (металлопроката) любой сложности путем воздействия на металлическую поверхность дуговым разрядом в импульсно-частотном режиме при пониженном давлении (в вакууме) или при атмосферном давлении (на воздухе) и получения достаточно высокой степени очистки (не ниже 1-й по ГОСТ 9.402—2004 или Sa2 1/2, Sa3 согласно международному стандарту ISO 12944).

Механизм обработки холодной плазмой в вакууме следующий: сначала происходит процесс генерации газовой плазмы в вакуумном объеме технологических установок; затем плазмообразующее устройство (генератор газовой плазмы — плазма-



трон), которое является основой технологических процессов вакуумной ионно-плазменной обработки, используется для очистки — активации поверхности, например, перед осаждением покрытий различного функционального назначения.

При этом происходит создание плотной ( $10^9 \dots 10^{19}$  ионов/см<sup>3</sup>) плазмы газа (например, аргона), размещение в ней изделий и подаче на них отрицательного относительно плазмы потенциала (18...70 В).

В результате осуществляется дугоочистка детали или выступающей в плазму части этой детали до чистого металла (полного очищения) ее поверхности от следов окислов, масел, органических растворителей, диэлектрических пленок и прочих включений.

Обработка металлов холодной плазмой позволяет получать поверхности, очищенные до чистого металла, причем поверхностный металлический слой не снимается и не упрочняется. Это условие особенно важно, когда требуется очистка ответственных изделий с сохранением характеристик их поверхностей.

Подготовка поверхности металлоизделий (металлопроката) методом обработки холодной плазмой может проводиться либо перед, либо после некоторых технологических операций.

К ним относятся, например:

*входной контроль* (очистка металлопроката перед запуском в производство или перед первой операцией, например, перед сваркой);

*дефектация* (диагностика, неразрушающий контроль); при этом отмечается высокая точность и достоверность показаний за счет тщательной подготовки поверхности;

*удаление покрытий и изоляций* (или, наоборот, перед их нанесением на тщательно подготовленную поверхность) и т. д.

Предлагаемая линия очистки с небольшими изменениями может быть применена непосредственно в ряде *технологических процессов обработки металлов* (помимо очистки) таких как: *зачистка заусенец* после сварки, наплавки, механообработки и т. д.; *травление*; *термообработка* (термоупрочнение, диффузионное насыщение металлов); *консервация* (пленкой); *получение покрытий* (металлизации, гальванических, лакокрасочных); сварка — наплавка и т. п.

В результате очистки холодной плазмой практически отсутствуют вредные отходы, изделия на выходе имеют низкую температуру (порядка 40 °С) и сама операция занимает незначительное время по сравнению с другими традиционными способами очистки.

## ИНФОРМАЦИЯ

### 7-я Международная конференция

### "Сотрудничество для решения проблемы отходов"

7—8 апреля 2010 года

Харьков, Украина

Дворец студентов Национального технического университета  
"Харьковский политехнический институт"

#### Основные тематические направления:

нормативно-правовая база управления отходами; санитарно-экологические, организационные и экономические аспекты проблемы; технологии, оборудование, услуги по переработке твердых бытовых и промышленных отходов; обустройство и эксплуатация полигонов; радиоактивные и токсичные отходы; очистка сточных вод, обработка осадков, иловые площадки; выбросы в атмосферу, газоочистка, утилизация пылей и шламов; энергия из отходов и другие.

#### Контакты:

От имени организаторов, Анатолий Попов, директор ООО "Экологический альянс"

E-mail: [ecoinvest@vl.kharkov.ua](mailto:ecoinvest@vl.kharkov.ua); <http://waste.com.ua/cooperation>

Тел./Факс +38 (057) 712-11-05, 759-19-90, моб. +38 (067) 910-67-96

Для писем: "Экологический Альянс", а/я 81, г. Харьков, 61052, Украина

УДК 656.13.658

**Т. С. Титова**, д-р техн. наук, проф., **А. Ф. Красненко**, канд. техн. наук,  
**С. В. Иванюк**, асс.,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
E-mail: seregadf@mail.ru

## Ресурсосбережение при обращении с отработанными маслами в системе железнодорожного транспорта

*Рассмотрены экономические и экологические проблемы обращения с отработанными промышленными маслами (ОМ). Проанализированы возможные способы утилизации ОМ. Описано оборудование для утилизации ОМ, разработанное ПГУПС.*

**Ключевые слова:** ресурсосбережение, отработанные масла, восстановление, утилизация, малотоннажные установки, экономический эффект.

**Titova T. S., Krasnenko A. F., Ivanyuk S. V.**  
*Resource in the treatment of used oils in the rail transport*

*The article deals with economic and environmental problems of used industrial oils (UO). Analyzed the options for disposal of UO. We describe the equipment for recycling UO developed PSTU.*

**Keywords:** resource conservation, used oils, recovery, recycling, little plants, the economic effect.

Российская Федерация относится к группе стран, экспортирующих сырьевые и энергетические ресурсы. Компании-экспортеры в долгосрочной перспективе заинтересованы в сокращении внутреннего потребления ценных ресурсов и увеличении за счет этого своего экспортного потенциала. А это означает, что направление на сбережение ресурсов полностью соответствует экономическим реалиям.

Из многих областей ресурсосбережения ограничимся рассмотрением обращения с отработанными минеральными маслами в ОАО "РЖД". Из нескольких стадий жизненного цикла масел [1] рассмотрим эксплуатацию, включая плановое снятие с эксплуатации, списание (браковку), восстановление, передачу, утилизацию.

Важно знать, что оборот ОМ как ценного сырьевого и энергетического ресурса регулируется законодательством РФ. С другой стороны, ОМ относятся к категории опасных отходов, сбор и утилизация которых также регулируются соответствующими

законами и экологическими стандартами. Поэтому при выработке рекомендаций и предложений обязателен комплексный подход, одновременно учитывающий экологические, ресурсные и экономические аспекты.

Проанализируем подходы к проблеме утилизации отработанных нефтепродуктов за рубежом. В последние годы в странах — членах ЕЭС улучшилась организация сбора и утилизации ОМ. Во многом это объясняется хорошо продуманными законодательными мерами и действующей экономической политикой в части стимулирования процессов сбора и утилизации ОМ. Среднее количество собранных ОМ достигло 70...75 % (более 1,8 млн т). В Германии, Бельгии и Италии более 50 % от сбора ОМ поступает на установки регенерации с целью получения регенерированных базовых масел. В настоящее время все производства, регенерирующие ОМ, получают субсидии от государства. Размер субсидий достигает 180 €/т. Еще 40 €/т поступает на поддержку системы сбора [2]. Эксперты ЕЭС считают, что только установки термического крекинга, начиная с производительности 30 тыс. т/год, могут стать экономически эффективными, при этом отпадает необходимость в субсидиях. Законодательство ЕЭС отдает предпочтение регенерации ОМ как наиболее экологически безвредному способу их утилизации. Отметим также, что директива ЕЭС по утилизации ОМ 75/439/EWG, вступившая в действие с 2003 г., запрещающая прямое сжигание ОМ, усиливает позиции регенерации. Отработанные масла, прошедшие предварительную очистку, применяемые в качестве топлива для энергетических целей, полностью освобождены от налогов.

Опыт ЕЭС не вполне подходит для РФ. ЕЭС — импортер нефти, РФ — экспортер. В РФ базовые компоненты масел намного выгоднее и проще получать из сырой нефти, чем из отходов. Переработка ОМ в РФ не субсидируется, а потому убыточна. Поскольку нам трудно прогнозировать дальнейшее развитие ситуации с обращением ОМ в РФ,



откажемся от оптимистических ожиданий и сформулируем цели, достижимые в нынешних условиях.

Главная цель — ресурсосбережение при обращении с ОМ и снижение нагрузки на окружающую природную среду.

Целевые установки:

— определение приоритетов и уяснение понятий в развитии системы обращения с ОМ путем анализа стадий жизненного цикла масел и этапов их утилизации;

— минимизация объемов образования отходов ОМ;

— максимальное извлечение из отходов ОМ высоколиквидных вторичных ресурсов;

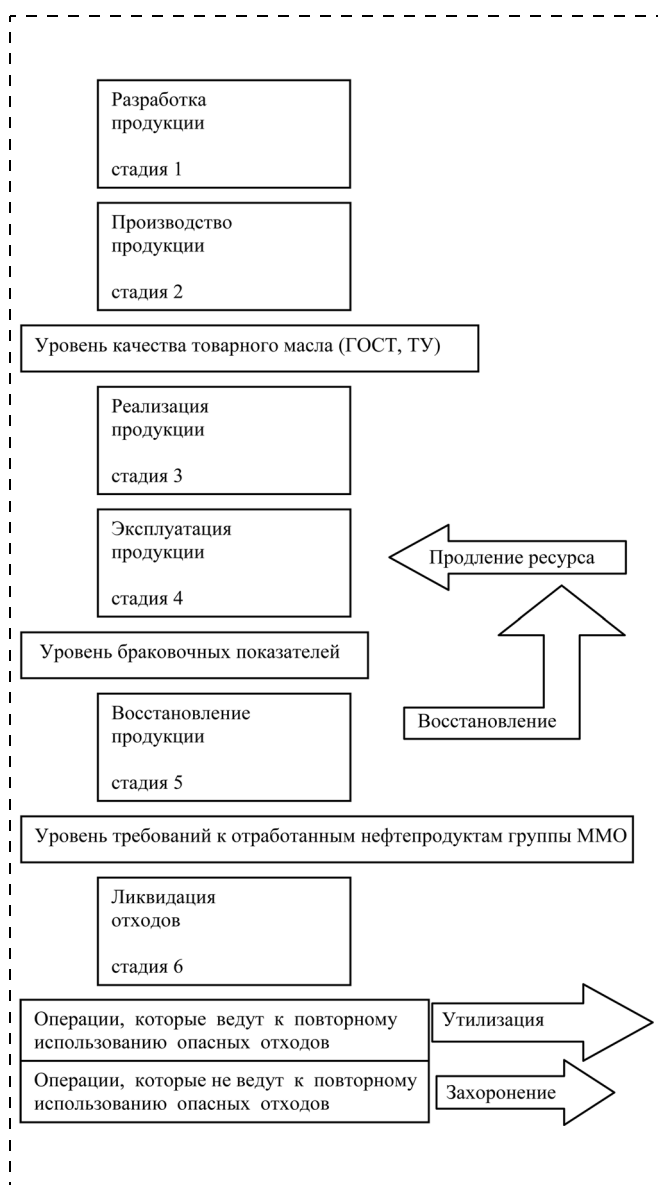


Рис. 1. Схема образования и ликвидации отходов на стадиях жизненного цикла масел. Уровни качества и операции технологического цикла

— снижение вредного воздействия системы обращения с ОМ и применяемых в ней технологий на окружающую среду;

— совершенствование организационного компонента системы в ОАО "РЖД", обеспечивающего экономические, экологические и правовые аспекты обращения с ОМ;

— оснащение предприятий, входящих в систему обращения, эффективной отечественной техникой и технологиями, адаптированными к специфическим условиям ОАО "РЖД".

Для удобства анализа жизненных циклов масел обратимся к схеме образования и ликвидации отходов (рис. 1). Важно отметить, что обеспечение ресурсосбережения начинается на стадиях разработки продукции и ее производства (стадии 1, 2). Приходится учитывать, что в условиях российских экономических реалий главной целью производителей является не столько обеспечение максимального ресурса масла, сколько максимальное извлечение прибыли. В результате, например, за последние годы качество моторных масел групп "Г" и "Д" существенно снизилось. Многие производители, используя "экономичные" присадки обеспечивают лишь предельно допустимый нижний уровень качества масла. Это подтверждает необходимость практикуемых в ОАО "РЖД" централизованных закупок, обеспечивающих надежность поставщиков.

Стадия реализации продукции (стадия 3) вынесена за уровень качества товарного масла (ГОСТ, ТУ) в связи с тем, что в процессе транспортирования, хранения, перегрузки качество масел может быть снижено. Чаще всего, это связано с попаданием в товарный продукт воды, топлива и механических примесей. Для применения таких масел по назначению необходима предварительная очистка: сепарация, сушка, фильтрация. Для выполнения этих операций на базовых предприятиях ОАО "РЖД" требуется соответствующее технологическое оборудование (технологический участок в маслохозяйстве).

В период эксплуатации (стадия 4) с маслами происходят глубокие изменения, приводящие к потере служебных свойств. Масла, выработавшие установленный ресурс, заменяются в плановом порядке, потерявшие служебные свойства и вышедшие за пределы браковочных показателей заменяются по браковке. На базовых предприятиях ОАО "РЖД" имеются технологические возможности сбора ОМ по сортам без смешивания с другими маслами и промывочными жидкостями. Если предположить, что аккуратно собранное ОМ (стадия 5) сохранило



свойства "ремонтпригодности", то можно воспользоваться сравнительно простыми и экономически эффективными технологиями восстановления, чтобы вернуть утерянные маслом служебные свойства.

Восстановленные до уровня требований, предъявляемых Правилами эксплуатации [3, 4] соответствующих технических систем (агрегатов), ОМ могут повторно (многократно) применяться в данных или других, менее критичных к уровню качества масла технических системах (агрегатах). При этом, например, объем потребления дизельных моторных товарных масел в локомотивном депо может быть уменьшен на 1/4, а товарных гидравлических турбинных масел — в 1,3...2 раза. Так же, кратно (в разы), можно снизить объем потребления других товарных масел: промышленных, компрессорных, электротехнических. При этом кратно уменьшаются расходы на закупку, транспорт, хранение, утилизацию отходов и пр. В разы снижается нагрузка на окружающую природную среду.

Технологии восстановления не только продлевают ресурс масла, но дают ему вторую, третью, четвертую "жизнь". Если не заняться ресурсосбережением на этой стадии, то все, что происходит с маслом дальше (и на предприятии, и в системе сбора) — это превращение его в отходы.

На стадии 6 масла попадают в систему сбора, что соответствует уровню качества МИО, ММО ГОСТ 21046—86. Далее будем руководствоваться Федеральным законом [5] и Федеральным классификационным каталогом отходов [6].

Законодательством РФ предусмотрено несколько способов обращения с опасными отходами. Применительно к предприятиям ОАО "РЖД" можно назвать следующие допустимые способы утилизации ОМ:

- 1) сжигание в котельной предприятия;
- 2) передача за плату организации, имеющей лицензию на обращение с отходами;
- 3) реализация в качестве нефтепродукта, потерявшего товарные свойства;
- 4) переработка в котельное топливо, смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), консерванты, антиадгезивы.

*Первый способ* предполагает приобретение лицензии на сжигание заявленного количества ОМ и учет тяжелых экологических последствий такой утилизации. Высокая стоимость лицензии лишает этот способ экономической целесообразности, а при сжигании неподготовленных ОМ в обычных котельных воздушная среда и окружающая местность за-

грязнятся чрезвычайно опасными веществами, например, такими суперэкотоксикантами, как хлорированные диоксины. Тем не менее, в условиях недостаточного контроля со стороны экологических органов за легализацией оборота ОМ, этот способ на сегодняшний день можно считать основным.

*Второй способ* может стать главным в условиях легального оборота ОМ, однако в настоящее время зачастую — приобретение документального прикрытия нелегальной утилизации.

*Третий способ* затруднен необходимостью сертификации, приобретения лицензии, свидетельства и обременен налогами как обычная продажа нефтепродуктов, поэтому в условиях легального оборота ОМ малоэффективен.

Таким образом, основным способом утилизации для предприятия должна стать переработка (*четвертый способ*).

Многие отечественные компании предлагают широкий спектр технологий утилизации ОМ, а также оборудования для их реализации. Из-за высокой стоимости импортное оборудование следует применять только при отсутствии отечественных аналогов.

Наиболее эффективными на завершающей стадии утилизации ОМ принято считать технологии термического крекинга. По сравнению с другими технологиями утилизации ОМ они просты, экономичны, не требуют применения дорогостоящих оборудования, катализаторов, реагентов. Образующиеся конечные продукты (печное топливо, бензин, битум и др.), имеющие низкую себестоимость и высокую ликвидность, практически без доработки поступают в сектор потребления. Спрос на печное топливо в странах Запада постоянно растет. Можно прогнозировать рост спроса и в РФ в связи с бурным развитием загородного строительства. Создание таких производств — задача крупных промышленных регионов. Можно предположить, что с учетом опыта ЗАО "ПОМ-ТЭК" (Москва) предприятия подобного назначения будут построены и в других регионах.

Дополнительно следует учесть некоторые, уже имеющиеся в законодательстве РФ, материальные преимущества, приобретаемые предприятиями, использующими ресурсосберегающие технологии. Это льготные тарифы на утилизацию отходов, специальный коэффициент к нормам амортизации для целей начисления налога на прибыль и другие, в том числе региональные, механизмы экономического стимулирования. В настоящее время эти



преимущества и льготы в ОАО "РЖД" практически не используются.

Разработанные ПГУПС технологии восстановления и установки эффективны (окупаемость менее 2...3 лет) в условиях отсутствия субсидирования, как с точки зрения ресурсосбережения, так и с точки зрения экологии (практическая безотходность, малая энергоемкость процесса), а также безопасности (технологические режимы, вспомогательные вещества).

При этом эффект от технологической базы, основой которой могут стать участки по восстановлению отработанных масел, в зависимости от реализуемых на этой базе мероприятий, может превысить эффект от восстановления. По нашим прогнозам, реализация предлагаемых мероприятий позволит снизить потребление масел ОАО "РЖД" на 15 % и уменьшить количество отходов ОМ в 6 раз.

ПГУПС является разработчиком и поставщиком установок "МАЛЫШКА" для восстановления отработанных турбинных масел на предприятиях по эксплуатации и ремонту путевой техники и установок "УРДМ-КА" для восстановления отработанных дизельных масел в базовых локомотивных депо. Эти работы выполняет испытательная лаборатория безопасности и охраны труда кафедры "Техносферная и экологическая безопасность" механического факультета.

Установки восстанавливают моторные, турбинные, гидравлические, промышленные, компрессор-



Рис. 2. Установка "МАЛЫШКА". Участок по восстановлению турбинных масел

ные масла и позволяют создать на своей базе региональные участки по предварительной очистке ОМ.

Технологии восстановления основаны на физико-химических методах очистки отработанных масел. Применяемые реактивы — соли щелочных металлов, эмульгаторы и водорастворимые сополимеры целлюлозы малоопасны и нетоксичны при воздействии на кожу и органы дыхания работающих. Расход вспомогательных веществ не превышает 5 % от массы сырья. Количество отходов, требующих утилизации, составляет 2...3 %. Из отходов от восстановления отработанного дизельного масла на этой же установке производится смазочный материал для гребнесмазывателей локомотивов и путевой лубрикации.

Технология запатентована [7], а технологическое оборудование согласовано по производительности и сгруппировано в модули. Реакторный модуль полностью унифицирован для обеих установок.

Установка "МАЛЫШКА" (рис. 2, 3) для восстановления турбинных, гидравлических, промышленных масел, кроме реакторного модуля, включает модернизированную сепарационную установку и вспомогательное оборудование: стол с промывочной ванной, грузоподъемное поворотное устройство для монтажа ротора, шламовую емкость и др.

Установка "УРДМ-КА" для восстановления отработанных дизельных масел в базовых локомотивных депо производительностью 300 т/год, опытный образец которой принят в 2001 г. в Великолукском локомотивном депо, кроме реакторного модуля, включает: сепаратор саморазгружающийся СЛ-1, модуль фильтрации-перколяции, модуль производства из шлама от очистки дизельного масла смазочных веществ для гребне- и рельсосмазывания, а также шкаф управления установкой, трубопроводы с запорно-регулирующей арматурой, насосные агрегаты и вспомогательное оборудование. Для отгонки дизельного топлива в состав установки входит вакуумный модуль, включающий вакуумный роторный пленочный аппарат типа РП-160, емкости для сбора кубового остатка (1,5 м<sup>3</sup>), дистиллята (0, 12 м<sup>3</sup>), а также агрегаты, обеспечивающие работу модуля.

Установка "УРДМ-КА" до момента принятия стандарта на регенерированное дизельное масло может работать в ОАО "РЖД" только в режиме "предварительной очистки" с получением в качестве продуктов базового компонента дизельного масла и смазочного вещества для гребне-рельсосмазывания. В таком же режиме может работать и "МАЛЫШКА" с турбинными маслами, не пригод-

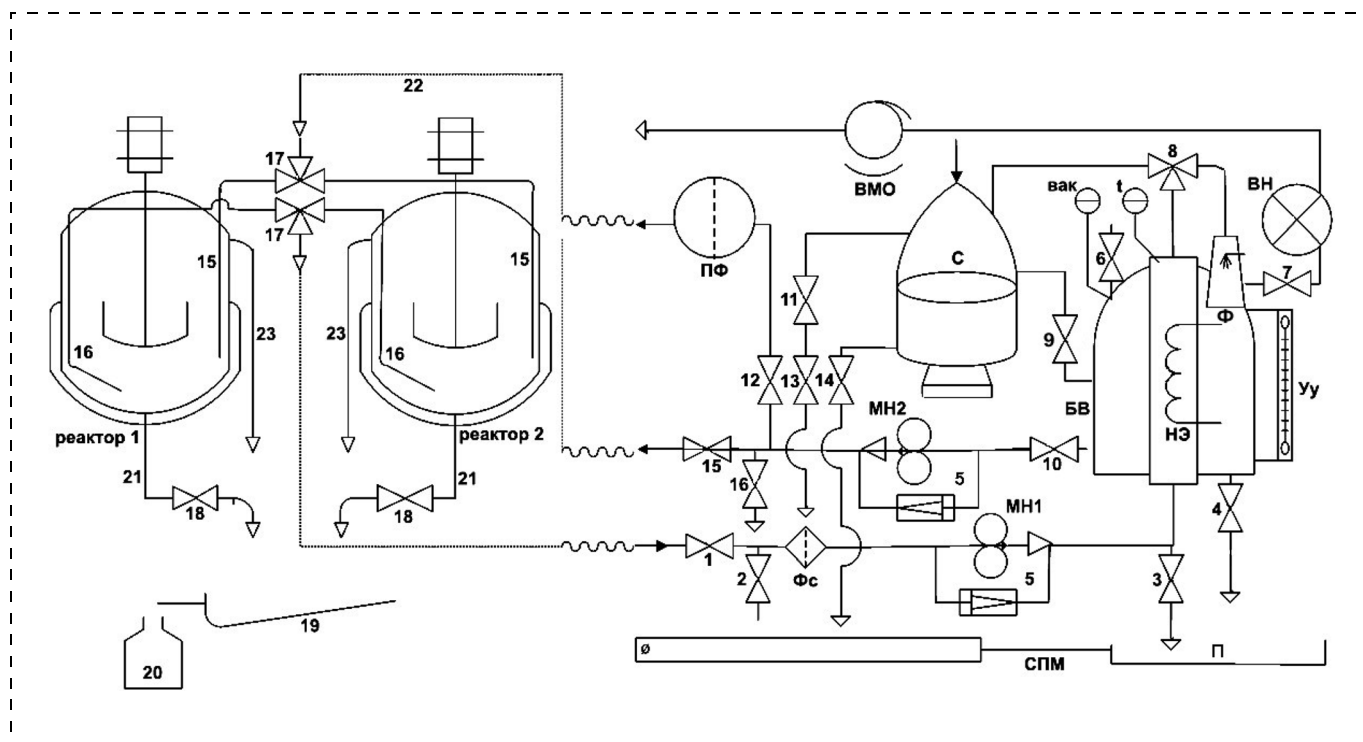


Рис. 3. Технологическая схема установки "МАЛЫШКА":

С — сепаратор СЦ-3,0; ПФ — пресс-фильтр; БВ — бак вакуумный; НЭ — маслонагреватель электрический; ВН — вакуумный насосный агрегат; Уу — указатель уровня; ВМО — водомаслоотделитель; Фс — фильтр сетчатый; Ф — форсунка; МН1, МН2 — маслонасосы шестеренные; П — поддон; СПМ — сборник проливов масла; вак — вакуумметр; *t* — термометр; 1–4, 10–14 — краны масляные; 5 — клапаны перепускные; 6, 7 — краны воздушные; 8 — кран трехходовой; 9 — вентиль масляный угловой; 15 — напорные трубопроводы; 16 — всасывающие трубопроводы; 17 — краны трехходовые; 18 — краны для слива отстоя; 19 — шламприемник; 20 — шламоборник; 21 — теплоизолирующий кожух; 22 — мешалки механические; 23 — переливные (дыхательные) трубы

ными к полному восстановлению, а также с индустриальными, компрессорными, электротехническими и прочими маслами. Из этих масел может быть получен продукт, пригодный для дальнейшей переработки или для реализации. Что касается восстановления синтетических (импортных) масел, то до разработки регламентов на их восстановление следует ограничиться только механической очисткой и сушкой. Во многих случаях этого бывает достаточно.

Установки разрабатывались с учетом специфики железнодорожного транспорта, поэтому, в первую очередь, могут быть интересны для ОАО "РЖД" и шестнадцати стран-партнеров ОАО "РЖД". Однако мы готовы сотрудничать и с другими предприятиями, например, по добыче минерального сырья, где используются значительные объемы гидравлических и дизельных масел.

#### Список литературы

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ 30773–2001 "Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла. Основные положения" Resources saving Waste treatment. Stages of technological cycle. Basic principles.
2. Тутубалина М. А., Грачева Н. К., Богдасаров Л. Н., Аленин В. М. Анализ зарубежных подходов к проблеме утилизации отработанных нефтепродуктов ([www.otrabotka.com](http://www.otrabotka.com)).
3. Типовая инструкция по техническому обслуживанию гидрооборудования железнодорожно-строительных машин. № ЦПО-3.2000, ПТКБ ЦП МПС ЛР № 021203 от 24.03.97. — Москва, 2001. — 167 с.
4. Инструкция 01 ДК 421452.001 И. НД ЦП ОАО "РЖД", 2006.
5. Федеральный закон "Об отходах производства и потребления" № 89-ФЗ от 24.06.98.
6. Федеральный классификационный каталог отходов, утв. МПР РФ от 02.12.02 г. № 786.
7. Патент РФ № 2133262 от 20 июля 1999 г. / А. Ф. Красненко, Е. А. Кузьмина, Н. Н. Маслов, Н. В. Пучков "Способ регенерации отработанных смазочных масел", приоритет от 30.05.97 г.

УДК 691.32

**Н. А. Бабак**, канд. техн. наук, доц.,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
E-mail: babac.ru@inbox.ru

## Учет особенностей электронного строения промышленных отходов с целью их утилизации при производстве жаростойких бетонов

*Рассмотрены некоторые виды отходов, которые могут использоваться при производстве жаростойких бетонов. Приведены результаты исследований физико-механических характеристик жаростойких бетонов с использованием промышленных отходов.*

**Ключевые слова:** вторичные материальные ресурсы, гальванические шламы, жаростойкий бетон, утилизация, футеровочные материалы.

**Babak N. A.** *The account of features of the electronic structure of industrial wastes by manufacture of heat-resistant concretes*

*Some kinds of a waste which can be used by manufacture of heat-resistant concretes are observed. Results of researches of physicomachanical characteristics of heat-resistant concretes with use of industrial wastes are resulted.*

**Keywords:** secondary material resources, galvanic slimes, heat resisting concrete, recycling, fettle materials.

Использование отходов промышленности в качестве вторичных материальных ресурсов приобретает все большее значение в современном мире, в котором экологические проблемы стоят весьма остро.

В настоящее время в России существуют классификации отходов производства и потребления: по отраслям промышленности (химической, металлургической, топливной и др.); по конкретным производствам (отходы сернокислого, содового, фосфорнокислого и других производств); по тоннажности; по степени использования; по ценностным показателям; по степени воздействия на окружающую среду; по способности к возгоранию; по коррозионному воздействию на оборудование и т. д.

Однако существующие классификации не содержат информацию, позволяющую прогнозировать их утилизацию. Неограниченными возможностями наиболее полного использования отходов обладает отрасль, производящая строительные материалы. Это объясняется масштабностью строительного ком-

плекса, его материалоемкостью и номенклатурой изделий. Включение вторичных ресурсов в производство строительных материалов позволяет уменьшить не только их себестоимость, но и нагрузку на окружающую среду, связанную с хранением и утилизацией отходов.

В строительном материаловедении существуют классификации отходов промышленности по агрегатному состоянию, химическому составу с целью их дальнейшего использования. Но зачастую такие классификации не позволяют прогнозировать технологии утилизации отходов и поведение полученных строительных материалов в различных условиях окружающей среды. В связи с этим необходимо учитывать не только природу твердых фаз отходов на разных уровнях — электронном, энергетическом, физико-химическом, кристаллохимическом, но и ее взаимосвязь с эксплуатационными свойствами образующихся композиционных материалов, а также устойчивость синтезируемых соединений в окружающей среде.

Одна из важных проблем строительного материаловедения изготовление материалов, обладающих высокими физико-химическими свойствами для футеровки тепловых агрегатов. Большинство технологических процессов в машиностроении, цветной металлургии, керамической промышленности осуществляется при высоких температурах в печах различной конструкции. Значение футеровочных материалов определяется тем, что без их использования практически невозможно поддерживать высокие рабочие температуры в промышленных печах.

В настоящее время футеровка тепловых агрегатов выполняется преимущественно из различных штучных огнеупорных изделий, что требует больших затрат, в том числе ручного труда, при этом не всегда обеспечивается высокое качество. Поэтому в последнее время все чаще применяются крупноблочные элементы из жаростойкого бетона, что позволяет осуществить принципиально новые конструктивные решения для тепловых агрегатов.

Жаростойкие бетоны являются безобжиговыми искусственными каменными материалами, сохра-

нящими прочностью в условиях воздействия высоких температур [1] и состоят из связки и заполнителя. Связка — это смесь вяжущего с минеральной тонкомолотой добавкой. Мелкий и крупный заполнители получают дроблением огнеупорных и тугоплавких горных пород.

При изготовлении жаростойкого бетона в качестве тонкомолотой добавки и заполнителя, как правило, используются дефицитные и дорогостоящие материалы (шамот, хромит, магнезит и т. д.). Кроме того, для изготовления их дополнительно требуется выполнение энергоемких операций по помолу и расसेву. Поэтому замена дефицитных и дорогих заполнителей и тонкомолотых добавок отходами промышленности является важной задачей.

Исследование промышленных отходов и оценка их классификационных признаков показали, что в большинстве случаев они являются ценным сырьем и могут использоваться для получения различных строительных материалов, в частности, жаростойких бетонов [2, 3]. Согласно классификации по принадлежности катиона основной фазы отхода к *s*-, *p*-, *d*-семействам периодической системы Д. И. Менделеева многие отходы, используемые в настоящее время, соответствуют рассматриваемым критериям. При этом к использованию некоторых отходов подходят сдержанно, в особенности, если они содержат *3d*-катионы. Однако учитывая фундаментальные критерии, номенклатура сырьевых материалов для получения жаростойких бетонов может быть расширена за счет использования различных промышленных отходов, в том числе и содержащих *3d*-катионы.

В последнее время широкое распространение получили жаростойкие бетоны на жидком стекле. В качестве отвердителей жидкого стекла применяют такие отходы производства как нефелиновый шлам, феррохромовые шлаки, фосфорный шлак и т. д. Механизмы образования искусственного камня и эксплуатационные характеристики полученных жаростойких бетонов хорошо изучены и с экологической точки зрения применение таких отходов весьма оправданно.

В настоящее время в Северо-Западном регионе существует дефицит шамота, который зачастую доставляется из стран СНГ и является дорогостоящим сырьем. В то же время на металлургических комбинатах образуется в результате ремонта сталеплавильных печей ошлакованный шамот, зачастую вывозимый на свалку. В связи с этим был исследован шлак, которым ошлакован шамотный лом, образующийся на АО "Кировский завод". Рентгенофазовый анализ показал незначительное присутствие кристаллической фазы — магнетита и мелили-

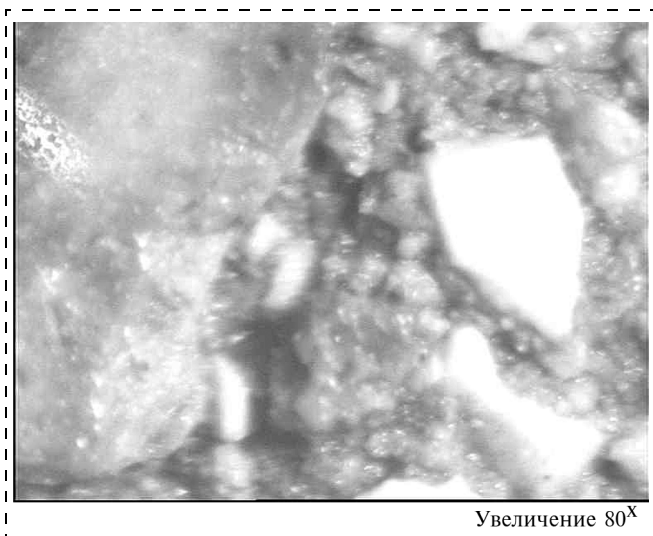
та, остальное — стеклофаза геленито-мелилитового состава, что не должно оказывать отрицательного воздействия на эксплуатационные характеристики синтезируемых жаростойких изделий.

Известно также, что эффективным приемом повышения термостойкости огнеупоров является формирование в них структурно обособленных, разделенных микротрещинами участков — так называемой фрагментарной структуры. Коэффициент линейного термического расширения (КЛТР) шлака выше, чем КЛТР шамота, и с учетом этого можно предположить, что повышение термостойкости с шамотом разной степени ошлакованности по сравнению с чистым шамотом будет связано с образованием вокруг кусочков шлака контактного слоя, имеющего КЛТР выше, чем КЛТР шамота. Это способствует формированию фрагментарной структуры в результате образования вокруг зерна шлака кольцевых трещин.

Таким образом в изделиях зернистого строения и материалах, состоящих из нескольких фаз с различными КЛТР, образуется микротрещиноватая структура, которая в известной степени снижает скорость распространения трещин при ударах, что приводит к повышению термостойкости изделия. Замена шамотного заполнителя на ошлакованный шамотный лом позволила получить жаростойкий бетон с повышенной в три раза термостойкостью (16 теплосмен) и прочностью на удар по сравнению с заводской технологией. Фрагментарная структура жаростойкого бетона по сравнению с микроструктурой образца на базовом шамотном заполнителе приведены на рис. 1, 2.

Приведенными ранее исследованиями [4] установлено, что присутствие в техногенном сырье *3d*-катионов обеспечивает строительной керамике и жаростойкому бетону повышенные эксплуатационные свойства: термостойкость, прочность на удар, изгиб, морозостойкость, что объясняется более энергетически сильным взаимодействием по границе раздела фаз с участием *3d*-катионов. В связи с этим в качестве добавок рассматривались гальваношламы, содержащие *3d*-катионы. Введение вместе со шлаком *3d*-катионов способствует увеличению прочности на удар за счет повышения прочности контакта зерен заполнителя с матрицей по границе раздела фаз.

В результате описываемых исследований наилучшие результаты показал нейтрализованный гальваношлам от производства гальванических работ АО "ВНИТИ". Гальванический нейтрализованный шлак является продуктом очистки сточных вод гальванического производства (хромирование, никелирование, цинкование, меднение). Гальваношлам



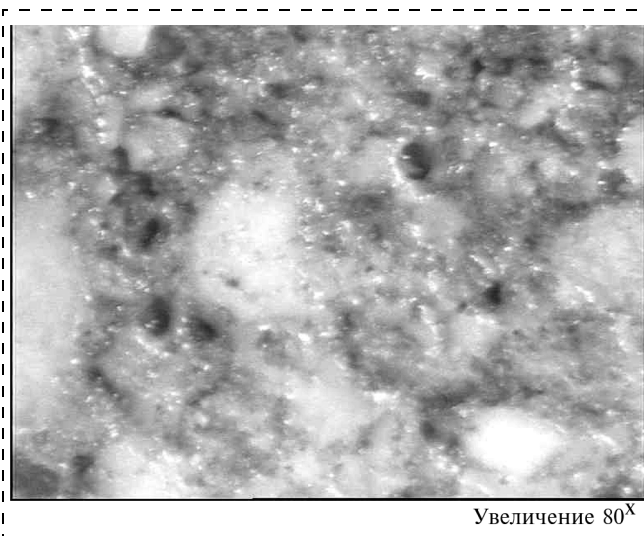
Увеличение 80<sup>X</sup>

Рис. 1. Фрагментарная микроструктура жаростойкого бетона на сильно ошлакованном шамотном заполнителе

состоит из молекулярных и коллоидных частиц (размером  $10^{-5} \dots 10^{-7}$  см) гидроксидов хрома, железа, никеля, меди, цинка, а также фосфатов и сульфатов. В расплаве эти оксиды могут выполнять функцию гетерогенных зародышеобразователей. Такое решение позволило увеличить термостойкость, прочность на сжатие и удар. Основные физико-механические свойства полученных жаростойких бетонов приведены в табл. 1.

Если рассматривать экологический аспект, то при обжиге образуется достаточное количество расплава и гальванические осадки переходят в мало- или нерастворимые формы с полной консервацией (капсулированием) тяжелых металлов, что обеспечивает их надежное обезвреживание.

С целью повышения температуры применения жаростойких бетонов в качестве заполнителя использовался лом хромомagneзиальных и магнезиально-шпинелидных огнеупоров. Рентгенографи-



Увеличение 80<sup>X</sup>

Рис. 2. Микроструктура жаростойкого бетона на базовом шамотном заполнителе

ческие исследования лома этих огнеупоров показали наличие хромпикотита, хромита, периклаза, шпинели, окерманита, магнезиоферрита. Эти соединения способствуют повышению остаточной прочности камня после обжига и повышают температуру применения жаростойких бетонов.

Для твердения данного жаростойкого бетона на жидком стекле использовалась периклазо-хромитовая пыль из циклонов, образующаяся при дроблении периклазо-хромитового кирпича, представленная в основном  $\gamma\text{-}2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ . Испытания показали, что термостойкость всех составов с отвердителем периклазохромитовой пылью выше контрольных образцов. Введение в данный состав такого гальванического отхода как кислые стоки из ванн травления стали и снятия хромового покрытия позволило увеличить термостойкость данного бетона.

Кислые стоки из ванн травления стали и снятия хромового покрытия являются отходом от произ-

Таблица 1

Основные показатели свойств жаростойкого бетона

| Физико-механические свойства                            | Наименование составов |   |   |
|---|-----------------------|---|---|
|   | Контрольный           | Заполнитель — ошлакованный шамотный лом | Заполнитель — ошлакованный шамотный лом и добавка гальваношлама |
| Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>                    | 1,7                   | 1,75                                    | 1,75  |
| Среднее значение прочности при сжатии после обжига, МПа | 150                   | 180                                     | 220   |
| Термостойкость, теплосмены                              | 6                     | 16                                      | 18  |
| Прочность на удар, кгс/см <sup>3</sup> *                | 1,1                   | 1,82                                    | 3,45  |
| Температура применения, °С                              | 1000                  | 1100                                    | 1200  |

\* 1 кгс ≈ 10 Н.

Таблица 2

**Физико-механические свойства жаростойкого бетона**

| Бетон   | Прочность на сжатие, МПа | Температура применения, °С | Теплостойкость, теплосмены |
|---|--------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Контрольный на основе шамота и отвердителя — феррохромового шлака | 29,0                     | 1100                       | 15                         |
| Жаростойкий   | 32,0                     | 1400                       | 20                         |

водства гальванических работ и представляют собой водный раствор HCl с ионами  $Cr^{+3}$ ,  $Fe^{+3}$ ,  $Cu^{+2}$  с рН = 0,1...0,2 с концентрацией указанных ионов:  $Cr^{+3}$  — не менее 250 г/л,  $Fe^{+3}$  — не более 10 г/л,  $Cu^{+2}$  — не более 5 г/л. Увеличение термостойкости объясняется наличием в кислых стоках большого количества металлов с высокими акцепторными свойствами. Совместное присутствие водного раствора HCl с ионами  $Cr^{+3}$ ,  $Fe^{+3}$ ,  $Cu^{+2}$ , периклазохромита, шамота и жидкого стекла увеличивает сцепление зерен заполнителя с матрицей вяжущего за счет образования дополнительных связей в контактном слое. Физико-механические свойства жаростойкого бетона (массовый состав (%) — жидкое стекло — 19,5; периклазохромитовый порошок — 65,5; периклазохромитовая пыль — 9,5; кислые стоки из ванн травления — 5,5) приведены в табл. 2.

Жаростойкие бетоны на жидком стекле находят все большее применение в керамической промышленности для футеровки обжиговых вагонеток в кирпичном производстве. Важной проблемой при подборе состава такого жаростойкого бетона является снижение себестоимости при обеспечении необходимого уровня прочности и термостойкости.

Добиться этого можно, например, используя еще один вид отходов, который может широко использоваться при производстве строительных материалов — осадок от очистки природных вод. В процессе очистки поверхностных природных вод алюминий-содержащими коагулянтами, применяемыми на водопроводных станциях, образуется значительное количество осадков. Основной составляющей осадка природных вод после их обработки является гидроксид алюминия в виде коллоидных частиц с развитой поверхностью. Как показали исследования, введение коллоидного гидроксида алюминия увеличивает прочность межфазных контактов, термостойкость, подвижность смеси и уменьшает расход жидкого стекла.

Для решения задачи оптимизации состава жаростойкого бетона на ООО "Ломоносовский кир-

пичный завод" был применен математический метод регрессионного анализа с тремя переменными и условием минимизации содержания жидкостекольного вяжущего. Основной экологический критерий — максимальное содержание добавки при прочности бетона не ниже 7,5 МПа.

В состав жаропрочного бетона, применяемого на кирпичном заводе для футеровки обжиговых вагонеток, входят следующие компоненты, масс. %: кирпичная крошка производства завода — 54, портландцемент М-400 — 14, нефелиновый шлам "Пикалевского глинозема" — 4, стекло жидкое плотностью 1,48 г/см<sup>3</sup> — 28.

В ходе регрессионного анализа были выявлены две переменные:  $x_1$  — содержание техногенного отвердителя — нефелинового шлама (масс. %) и  $x_2$  — содержание добавки АЛ-1 (масс. %) на основе осадка очистных сооружений со станции водоподготовки, содержащего коллоидный  $Al(OH)_3$ .

На основании 45 измерений было получено уравнение регрессии:

$$f = 3,404x_1 + 2,616x_2 - 0,09x_1x_2 - 55,302,$$

где  $f$  — значение теоретически рассчитанной по модели прочности, МПа.

Определено оптимальное соотношение компонентов состава, масс. %: жидкое стекло — 24, нефелиновый шлам — 23, добавка осадка природных вод — 4, заполнитель — остаток до 100. Эти пропорции обеспечивают прочность бетона не ниже 7,5 МПа и максимально возможное удешевление продукции за счет использования осадка природных сточных вод.

Для жаростойкого бетона было принято применение добавки осадка природных вод в количестве 4 %, что позволило повысить прочность бетона в 2 раза по сравнению с контрольными образцами. Присутствие добавки благоприятно сказывается на пластических свойствах смеси и позволяет снизить содержание самого дорогого компонента (жидкого стекла) до 24 %.

Физико-механические характеристики оптимального состава по сравнению с контрольным представлены в табл. 3. В результате оптимизации со-

Таблица 3

**Физико-механические характеристики жаростойкого бетона**

| Состав жаростойкого бетона | Прочность при сжатии, МПа | Термостойкость, теплосмены | Теплопроводность $\lambda$ , Вт/(м · К) |
|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---|
| Контрольный                | 5,1                       | 10                         | 0,25                                    |
| Оптимальный                | 7,5                       | 30                         | 0,19                                    |



става улучшились прочностные и теплотехнические свойства бетона, а срок службы по термостойкости был увеличен в 3 раза.

Таким образом, применение различных отходов производства с учетом особенностей их электронного строения позволяет не только расширить номенклатуру жаростойких бетонов, но и улучшить экологическую ситуацию, освобождая ценные земельные площади, отчуждаемые под отвалы и шламохранилища.

#### Список литературы

1. Хлыстов А. И. Повышение эффективности и улучшение качества огнеупорных футеровочных материалов / Самарск. гос. арх.-строит. ун-т. Самара, 2004. — 134 с.
2. Гумаров Р. Х., Сиразин М. Г. Футеровка вагонеток туннельных печей на основе отечественных материалов // Строительные материалы. — 2007. — № 2. — С. 67.
3. Лотов В. А. Нанодисперсные системы в технологии строительных материалов // Строительные материалы. Наука. — 2006. — № 8. — С. 5–7.
4. Бабак Н. А. Жаростойкие бетоны на основе техногенного сырья // Новые исследования в материаловедении и экологии. Вып. 1. — СПб. — 2001. — С. 19–21.

УДК 504.04

**А. В. Леванчук**, канд. мед. наук, доц.,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
E-mail: kopite@rambler.ru

## Обоснование разработки информационно-аналитической технологии системы социально-гигиенического мониторинга

*Представлены материалы, обосновывающие основные этапы мониторинга в системе "Окружающая среда — здоровье населения", приведены фактические данные зависимости уровней заболеваемости населения от качества окружающей среды. Определены наиболее информативные показатели для характеристики состояния здоровья населения и качества окружающей среды. Предложен алгоритм информационно-аналитической технологии системы социально-гигиенического мониторинга.*

**Ключевые слова:** мониторинг, здоровье, окружающая среда.

**Levanchuk A. V. Rationale for the development of information-analytical system technology, socio-hygienic monitoring**

*Presents the materials, proving the main stages of the monitoring system "Environmenthealth", presented evidence morbidity of the population depends on the quality of the environment. Identified the most informative indicators for the characteristics of public health and environmental quality. An algorithm for information analysis technology system for the socio-hygienic monitoring.*

**Keywords:** monitoring, health, environment.

Экономические, социальные и экологические изменения, происходящие на современном этапе развития России, нередко создают реальную возможность возникновения негативных изменений в здоровье населения. Многочисленными гигиеническими и эпидемиологическими исследованиями, проведенными в России и за рубежом, установлены связи и зависимости между состоянием здоровья и отдельными факторами окружающей среды.

На протяжении последних лет показатели, характеризующие состояние здоровья населения, имеют тенденцию к ухудшению. Снижение числа жителей, ухудшение состояния их здоровья являются серьезным препятствием на пути социально-экономического развития и преодоления последствий экономического кризиса.

Фактором, определяющим успешное поступательное развитие, можно считать удовлетворение потребностей в получении объективной, достоверной и комплексной информации о влиянии факторов среды обитания на здоровье населения, обоснование профилактических мероприятий негативных популяционных явлений, обусловленных качеством окружающей среды, систематизацией научных знаний о связях в системе "среда обитания — здоровье населения".

Научное обоснование тактических и стратегических управленческих решений по оптимизации санитарно-гигиенических характеристик среды оби-



тания и показателей здоровья населения для обеспечения безопасных условий жизнедеятельности является одной из первоочередных задач. Механизмом реализации решения данной проблемы может стать современная информационно-аналитическая технология — системы социально-гигиенического мониторинга. Одним из основных источников загрязнения окружающей среды селитебных территорий можно считать транспортную инфраструктуру.

Целью настоящего исследования является разработка алгоритма информационно-аналитической технологии системы социально-гигиенического мониторинга на основе изучения закономерностей влияния транспортной инфраструктуры города на состояние окружающей среды и здоровья населения.

Объектом комплексной оценки данного исследования являлись качественные и количественные показатели, характеризующие состояние окружающей среды и заболеваемости населения опытных и контрольных территорий Санкт-Петербурга. При этом анализировались сведения государственной статистической отчетности, Госкомприроды, Госкомгидромета, Роспотребнадзора и ведомственных лабораторий предприятий. Всего проанализировано более 14 тысяч результатов гигиенических исследований.

### Результаты исследований

Расчеты количества загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух, показали, что автомобильный транспорт увеличивает валовые выбросы вредных веществ в атмосферный воздух в Санкт-Петербурге в 4 раза.

На долю автотранспорта в среднем за 8 лет приходится 73,8 % валового выброса, в том числе по СО — 95,7 %, NO<sub>2</sub> — 39,6 %. Автомобильный транспорт является источником диффузного загрязнения селитебных и рекреационных территорий. При этом выбросы автотранспорта представляют собой чрезвычайно сложную смесь токсичных компонентов, концентрирующихся, как правило, в приземном слое атмосферы, рассеивание которых в черте городской застройки затруднено.

Основной вклад в общий объем выбросов вредных веществ по тоннажу вносят диоксид серы, оксиды азота, оксид углерода, взвешенные вещества, характерные как для промышленных, так автомобильных выбросов. С 1998 г. в Санкт-Петербурге наблюдается стойкая тенденция к увеличению загрязнения приземных слоев воздуха углеводородами.

Основными вредными примесями, содержащимися в выхлопных газах автомобильных двигателей, являются: оксид углерода (наиболее характерен для бензиновых двигателей), оксиды азота, углеводороды, включая и канцерогенный 3,4-бензапи-

рен, альдегиды, оксиды серы. Дизельные двигатели, кроме того, могут выделять значительные количества сажи и частичек копоти ультрамикроскопических размеров. Кроме того, в атмосферный воздух выделяются частицы PM<sub>10</sub>, получаемые в процессе трения компонентов транспортного средства, и особенно при трении с дорожным покрытием (компоненты PM<sub>10</sub>, на 52 % состоящие из минеральных компонентов, 7 % износ протектора и 41 % выбросы выхлопной трубы).

Индикатором загрязнения воздушной среды автотранспортом считается оксид углерода. Более 50 % СО, поступающего в атмосферу, приходится на долю автотранспорта. При среднегодовом пробеге автомобиля около 15 тыс. км в атмосферу выбрасывается до 530 кг СО. При плохом покрытии дорог, на перекрестках, при работе двигателя на холостом ходу, торможении или ускорении концентрации СО возрастают в 2,5—4 раза. Летом СО накапливается в зеленых зонах жилых кварталов, закрытых дворах. Самоочищение магистралей от выбросов автотранспорта происходит при скорости ветра выше 3 м/с. Средняя длительность пребывания СО в атмосфере около 2 месяцев. Поднимаясь в стратосферу СО окисляется до диоксида углерода, а также взаимодействует с гидроксильными радикалами с образованием формальдегида, участвует в реакции восстановления азотной кислоты до диоксида азота. На улицах с интенсивным движением обнаруживается формальдегид в концентрациях от 2 до 10 мг/м<sup>3</sup>.

При стирании тормозных колодок воздух и почву засоряют медь, ванадий, цинк, молибден, никель и хром, а при стирании автопокрышек — кадмий, свинец, молибден и цинк, а также полициклические углеводороды. Эти вещества обладают канцерогенными и мутагенными свойствами. Сажа способствует глубокому проникновению выше указанных летучих веществ в организм. Выбросы концентрируются в основном на высоте 50...150 см от земной поверхности, т. е. на уровне органов дыхания человека, прежде всего — детей. Тяжелые металлы весьма плотно концентрируются вдоль автомагистралей на расстоянии до 120 м от трасс. При интенсивности движения не менее 10 тыс. машин в сутки и отсутствии застройки эта вредная зона распространяется до 400 м, в ясную погоду — на 1...2 км на подветренной территории.

В отличие от стационарных источников загрязнения автотранспорт диффузно загрязняет атмосферу на всем пути следования. В Санкт-Петербурге этот вид загрязнения атмосферы стал хроническим. Материалы многолетних лабораторных наблюдений дали возможность рассчитать среднегодовые концентрации приоритетных загрязняю-



щих веществ. Исследования проведены в четырех микрорайонах жилой застройки, располагающихся вдоль автомагистралей: Каменноостровского проспекта, Большого проспекта, Чкаловского проспекта, пересечение проспекта Королева и Коломяжского шоссе. Полученные расчеты подтверждены данными натурных замеров.

При анализе результатов расчетов по отдельным микрорайонам установлено: в микрорайоне "Каменноостровский" выявлена наиболее неблагоприятная ситуация: среднегодовые концентрации вредных веществ составили по диоксиду азота — 2 ПДК, по оксиду углерода — 0,11 ПДК, по свинцу — 5,2 ПДК; максимально разовые расчетные концентрации достигали по диоксиду азота — 15,2 ПДК, по оксиду углерода — 5,3 ПДК. По данным расчетов вдоль Большого проспекта среднегодовые концентрации составили по диоксиду азота — 1,2 ПДК, по оксиду углерода — 0,12 ПДК, по свинцу — 2,4 ПДК; максимально разовые концентрации достигали по диоксиду азота — 10,5 ПДК, по оксиду углерода — 3,4 ПДК. В микрорайоне на территории, прилегающей к станции метро "Чкаловская", среднегодовые расчетные концентрации составили по диоксиду азота — 1,2 ПДК, по оксиду углерода — 0,1 ПДК, по свинцу — 2,2 ПДК; максимально разовые концентрации достигали по диоксиду азота — 15,5 ПДК, по оксиду углерода — 3,1 ПДК. В районе проспекта Королева среднегодовые концентрации составили по диоксиду азота — 0,5 ПДК, по оксиду углерода — 0,05 ПДК, по свинцу — 1,5 ПДК; максимально разовые концентрации достигали: по диоксиду азота — 10,2 ПДК, по оксиду углерода — 1 ПДК.

Таким образом, по результатам расчетов и натурных исследований наиболее значимыми загрязняющими веществами, поступающими в атмосферный воздух, являются диоксид азота и свинец. Среднегодовые расчетные концентрации вдоль практически всех рассмотренных магистралей составляли по диоксиду азота — порядка 1 ПДК, по оксиду углерода — порядка 0,1 ПДК, по свинцу — порядка 2 ПДК. Максимально разовые концентрации при наиболее неблагоприятных метеоусловиях вдоль практически всех рассмотренных магистралей достигали по диоксиду азота — порядка 10 ПДК, по оксиду углерода — порядка 1 ПДК.

Среднегодовые концентрации на территориях, экранированных от магистралей зданиями, значительно ниже и составляли по диоксиду азота не более 0,1 ПДК, по оксиду углерода — не более 0,01 ПДК, по свинцу — порядка 0,5 ПДК; максимально разовые концентрации при наиболее неблагоприятных метеоусловиях значительно ниже и достигали по диоксиду азота — порядка 1 ПДК, по оксиду углерода — не более 0,1 ПДК.

По данным анализа лабораторных исследований пятна повышенных концентраций наблюдаются в местах установки светофоров, это связано с работой двигателей автотранспорта на холостом ходу во время остановки. Также повышенные концентрации наблюдались вдоль набережных и магистральных проспектов, в районах мостов и проспектов, находящихся в их створе, что связано с большой долей грузового автотранспорта, часть которого составляют транзитные автомобили. На этих территориях среднегодовые концентрации достигают по диоксиду азота — до 1,5 ПДК, по оксиду углерода — до 0,3 ПДК, по свинцу — до 5 ПДК; максимально разовые концентрации достигают по диоксиду азота — до 15 ПДК, по оксиду углерода — до 5 ПДК.

С учетом ожидаемых концентраций вредных веществ на изучаемых территориях можно прогнозировать резкое ухудшение санитарной ситуации в неблагоприятных для рассеивания метеоусловиях. Это обстоятельство свидетельствует о необходимости разгрузки транспортных потоков в черте города. По данным литературных источников дозовая нагрузка на организм взрослого человека при ингаляционном пути поступления химических веществ и стандартных значениях свидетельствует, что максимальные уровни поступления в организм человека наблюдаются для следующих химических веществ — оксид углерода, взвешенные вещества, углеводороды, диоксид азота, диоксид серы.

Комплексный показатель загрязнения атмосферного воздуха  $P$  (Пинигина) в исследуемых микрорайонах (рассчитан по среднесуточным ПДК пяти веществ) представлен в табл. 1. Уровень загрязнения атмосферного воздуха по показателю  $P$  можно оценить как "сильное".

При сохранении темпа прироста числа автомобилей в среднем в 2 раза за каждые 5 лет расчетный

Таблица 1  
Распределение исследуемых районов наблюдения по показанию загрязнения атмосферного воздуха  $P$  (относительные единицы)

| Показатель $P$                       | Каменноостровский проспект | Большой проспект | Чкаловский проспект | Пересечение проспекта Королева и Коломяжского шоссе |
|--------------------------------------|----------------------------|------------------|---------------------|---|
| По среднемесячным концентрациям      | $7,96 \pm 0,23$            | $6,81 \pm 0,18$  | $4,39 \pm 0,11$     | $3,22 \pm 0,15$                                     |
| По максимально разовым концентрациям | $18,4 \pm 1,9$             | $12,8 \pm 0,7$   | $9,5 \pm 0,58$      | $7,6 \pm 0,24$                                      |

Сравнительная характеристика уровней загрязнения атмосферного воздуха, почвы и ФИС листвы липы

| Район   | Комплексный показатель загрязнения воздуха $P$ | Комплексный показатель загрязнения почвы $Z_c$ | Фотометрический индекс стресса |
|---|--|--|--------------------------------|
| Каменноостровский проспект                          | $7,96 \pm 0,23$                                | $11,1 \pm 0,54 \dots 52,7 \pm 2,10$            | $0,137 \pm 0,006$              |
| Большой проспект                                    | $6,81 \pm 0,18$                                | $12,3 \pm 0,54 \dots 72,3 \pm 3,54$            | $0,124 \pm 0,004$              |
| Чкаловский проспект                                 | $4,39 \pm 0,11$                                | $4,8 \pm 0,17 \dots 38,7 \pm 2,17$             | $0,109 \pm 0,004$              |
| Пересечение проспекта Королева и Коломяжского шоссе | $3,22 \pm 0,15$                                | $6,9 \pm 0,10 \dots 44,9 \pm 2,54$             | $0,102 \pm 0,003$              |

показатель загрязнения атмосферного воздуха возрастает к 2020 г. в 1,3 раза.

Состояние почв, грунтов имеет важнейшее значение для эколого-гигиенической оценки территорий населенных мест. Почвы являются интегральным звеном санитарно-гигиенического состояния окружающей среды и источником вторичного загрязнения приземного слоя атмосферы, поверхностных и грунтовых вод.

Проведенный анализ суммарного загрязнения почв Санкт-Петербурга (15 элементов) по величине показателя суммарного загрязнения ( $Z_c$ ) свидетельствует о том, что наиболее загрязненными являются центр и восточные окраины города, наиболее "чистыми" являются северо-западные районы города.

Комплексный показатель загрязнения почвы по автомагистралям составил: вдоль Каменноостровского проспекта —  $58,9 \pm 2,54$ , Большого проспекта —  $72,3 \pm 3,54$ , Чкаловского проспекта —  $38,7 \pm 2,17$ , на пересечении проспекта Королева и Коломяжского шоссе —  $44,9 \pm 2,54$ . Загрязнение почвы вдоль автомагистралей классифицируется как "опасное".

Помимо традиционных гигиенических методов оценки санитарного состояния среды обитания осуществлено изучение закономерностей угнетения растений и их стрессовых реакций под воздействием загрязнителей. Известно, что растения могут выступать как индикаторы загрязнения природных сред. Для регистрации изменений, происходящих в растениях, применялся фотометр ПИФ-М. Поскольку растения более чувствительны к токсикантам, чем теплокровные организмы, реализация метода позволяет заблаговременно прогнозировать ухудшение ситуации.

Как известно, в районах транспортных магистралей наибольшее угнетение растений проявляется вблизи перекрестков. Здесь выявлены повышенные значения фотометрического индекса стресса (ФИС) в 1,2–1,3 раза по сравнению с участками, удаленными от трассы. В скверах вдали от перекрестков показатели ФИС в ряде случаев приближаются к фоновым значениям.

Для выявления взаимосвязи между показателями ФИС и состоянием среды в выбранных для исследования районах проведено исследование характе-

ристик листвы растений (липы). С целью определения зависимости интегральной реакции растений от интенсивности загрязнения приземных слоев атмосферы и почвы проведены корреляционный и факторный анализы. Статистическая обработка позволила выявить сильную корреляционную связь ФИС как с уровнем загрязнения приземных слоев атмосферы, так и с уровнем загрязнения почвы. Установлен факт более сильного влияния изучаемых уровней загрязнений атмосферы по сравнению с загрязнениями почвы. В табл. 2 представлена сравнительная характеристика уровней загрязнения атмосферного воздуха, почвы и фотометрического индекса стресса листвы липы.

При оценке состояния здоровья, как и для анализа среды обитания, выбраны те же районы. Выполнена сравнительная характеристика заболеваемости индикаторной группы населения. Анализ данных общей заболеваемости позволил установить наиболее высокую обращаемость по поводу заболеваний у детей, проживающих в районе вдоль Каменноостровского проспекта. Уровень заболеваемости в этом районе составил 1953,4 на 1000 детей. Наиболее низкий уровень заболеваемости обнаружен в районе на пересечении проспектов Королева и Коломяжского шоссе — 1403,2 на 1000 детей, т. е. в 1,4 раза ниже. Сравнительный анализ заболеваемости по нозологиям показал, что в районах с высокой степенью антропогенной нагрузки наблюдается более высокий уровень заболеваемости детского населения болезнями органов дыхания, кожи и подкожной клетчатки, нервной системы, болезнями глаза и его придаточного аппарата, болезнями уха и сосцевидного отростка, крови и кроветворных органов, эндокринной системы.

Для установления количественных взаимосвязей между уровнями загрязнения среды обитания и показателями состояния здоровья детей проведена дополнительная статистическая обработка. Наиболее сильная зависимость выявлена между уровнем заболеваемости органов дыхания у детей и концентрацией пыли, в том числе частиц РМ 10, аммиака, оксидов азота, углеводородов, входящими в состав отработавших газов автомобилей и промышленных выбросов предприятий.



Таблица 3

Результаты многофакторного анализа — влияние групп изучаемых факторов на заболеваемость детей различными заболеваниями (%)

| Группа факторов           | Заболевания |                 |                     |                            |                              |                 |                     |
|---------------------------|-------------|-----------------|---------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------|---------------------|
|                           | Всего       | Органов дыхания | Мочеполовой системы | Кожи и подкожной клетчатки | Крови и кроветворных органов | Новообразования | Эндокринной системы |
| Атмосферный загрязнители  | 33,52       | 33,79           | 49,4                | 58,63                      | 39,06                        | 29,47           | 36,02               |
| Метеорологические факторы | 39,0        | 39,73           | 4,95                | 4,90                       | 3,81                         | 5,94            | 4,80                |
| Загрязнение почвы         | 3,24        | 3,12            | 0,62                | 0,45                       | 2,67                         | 1,71            | 3,05                |
| Неучтенные факторы        | 24,24       | 23,36           | 45,03               | 36,02                      | 54,46                        | 62,88           | 55,95               |
| Всего                     | 100,0       | 100,0           | 100,0               | 100,0                      | 100,0                        | 100,0           | 100,0               |

На уровень заболеваемости органов мочеполовой системы существенное влияние оказывают аммиак и оксиды азота. Уровень заболеваемости кожи и подкожной клетчатки в значительной мере определяется пылью и углеводородами. Уровень заболеваемости крови и кроветворных органов в основном определяется углеводородами, оксидами азота и углеводорода. Заболеваемость эндокринной системы и новообразования в основном определяются углеводородами, оксидами азота и пылью.

Общий уровень заболеваемости зависит от загрязненности атмосферного воздуха пылью, аммиаком, оксидами азота, диоксидом серы. Влияние групп изучаемых факторов представлено табл. 3.

Необходимо отметить, что на показатели заболеваемости по графе "всего" и, в том числе заболеваний органов дыхания, сильное влияние оказывают метеорологические факторы и прежде всего температура воздуха (ее сезонные колебания). Доля влияния комплексного загрязнения почвы на различные показатели заболеваемости не превышает 3,25 %.

Проведенные исследования легли в основу разработки математических моделей для прогноза уровней заболеваемости онкологической патологией, болезнями крови и кроветворных органов и эндокринной системы.

Информационная база социально-гигиенического мониторинга (СГМ) позволяет решать комплекс задач, обеспечивая поддержку принятия решений по оценке санитарно-эпидемиологического благополучия территорий и оценке рисков в отношении заболеваемости и смертности населения, расстановке соответствующих приоритетов, прогнозированию развития эколого-гигиенической и эпидемиологической обстановки.

Однако существующая система принятия решений во многом несовершенна. Управление санитарно-эпидемиологическим благополучием и безопасностью жизнедеятельности населения требует применения экономических рычагов. Для этого необходима разработка методик расчета фактического и прогнозируемого экономического ущерба,

связанного с загрязнением среды обитания и оценки эффективности санитарно-противоэпидемических профилактических мероприятий.

Предлагаемая модель деятельности в системе СГМ является одним из вариантов, позволяющим санитарной службе на местном уровне управления осуществлять свою деятельность в полном соответствии с санитарным законодательством.

Исследования показали, что для полной и достоверной гигиенической оценки санитарной ситуации территории следует использовать наиболее информативные одночисловые гигиенические показатели, такие как: интегральная оценка суммарного воздействия метеорологических факторов (WBGT); критерий опасности загрязняющего вещества (КОВ<sub>i</sub>); уровень загрязнения атмосферного воздуха (*P* Пинигина); показатель суммарного загрязнения почвы металлами (*Z<sub>c</sub>*).

В процессе исследований апробировано поэтапное изучение санитарно-эпидемиологического благополучия населения территории.

*На предварительном этапе* на основе использования многолетней информационной базы данных СГМ определялись причинно-следственные связи между загрязнителями и уровнем заболеваемости населения, разработаны математические прогностические модели.

*На первом этапе*, в соответствии с нормативными документами, регламентирующими ведение СГМ, проведен сбор информации. Этот этап гигиенической оценкой факторов окружающей среды дополнен расчетом одночисловых показателей (КОВ<sub>i</sub>, WBGT, *P*, *Z<sub>c</sub>*).

*Второй этап* включает сравнительный анализ фактических уровней заболеваемости с "базовыми" и оценку вклада основных факторных групп в формирование их высокого уровня. В качестве "базовых" используются расчетные уровни заболеваемости, полученные на основе математического моделирования. Это уровни заболеваемости, индуцированные действием климатических условий региона.

На третьем этапе осуществлены прогноз состояния здоровья и оценка риска в системе "Среда обитания — здоровье населения" на основе разработанных на предварительном этапе математических моделей.

На четвертом этапе осуществлен детальный анализ связей в системе "Среда обитания — здоровье населения", разработана программа мероприятий по улучшению качества окружающей среды, сохранению и укреплению здоровья населения, а также научно обосновано принятие стратегических управленческих решений по обеспечению санитарно-эпидемиологического благополучия населения территории.

На пятом этапе СГМ проведена оценка эффективности внедряемых мероприятий и расчет предотвращенного экономического ущерба.

### Выводы

При комплексной гигиенической оценке санитарного состояния районов установлено, что основ-

ным источником этих загрязнений является автомобильный транспорт. Наибольшие изменения отмечены в атмосферном воздухе и почве вдоль автомобильных магистралей.

Использование для комплексной оценки санитарного состояния среды обитания метода определения фотометрического индекса стресса растений позволило выявить увеличение ФИС от периферии к центру города и вдоль транспортных магистралей. Статистическими исследованиями установлена сильная корреляционная связь между уровнем загрязнения приземных слоев атмосферы, почвы и величиной ФИС ( $r = 0,98, p > 0,01$  и  $r = 0,79, p > 0,01$  соответственно).

### Список литературы

1. Закон № 52-ФЗ от 30 марта 1999 г. "О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения РФ".
2. Копытенкова О. И. Методические основы организации социально-гигиенического мониторинга региона. — С.-Пб.: СПбГАСЭ, 1997. — 149 с.

УДК. 628.517.2

А. П. Пронин, канд. техн. наук, доц., Г. К. Зальцман, канд. техн. наук, проф.,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
E-mail: pronin56@yandex.ru

## Экологические аспекты защиты селитебных территорий от шума подвижного состава железных дорог

*Приведены основные сведения об источниках шума железнодорожного подвижного состава. Подробно описаны технические решения по защите населения от этого шума.*

**Ключевые слова:** шум подвижного состава, источники, способы защиты.

**Pronin A. P., Zaltsman G. K. Ecological aspects of protection residential territories from noise of the rolling-stock of railways**

*The basic items of information on sources of noise of the railway rolling-stock are given. The technical decisions on protection of the population against this noise are in detail described.*

**Keywords:** noise of the rolling-stock, sources, ways of protection.

Любой вид транспорта как одна из сфер хозяйственной деятельности человека оказывает неблагоприятное воздействие на окружающую природную среду. Железнодорожный транспорт не является исключением. Шум, создаваемый его подвижным составом, вызывает многочисленные жалобы населения, проживающего вблизи железных дорог [1].

Уровни наружного шума подвижного состава слагаются из трех составляющих: шум привода, шум качения колес по рельсам и аэродинамический шум.

Шум привода включает в себя шум от тяговых двигателей и передач, а также от вентиляторов, компрессоров и других агрегатов.

Шум качения колес связан с высоким давлением качения, характерным для системы колесо—рельс. Неровности на поверхности качения колеса и рельса ведут к усилению шума. Большинство про-

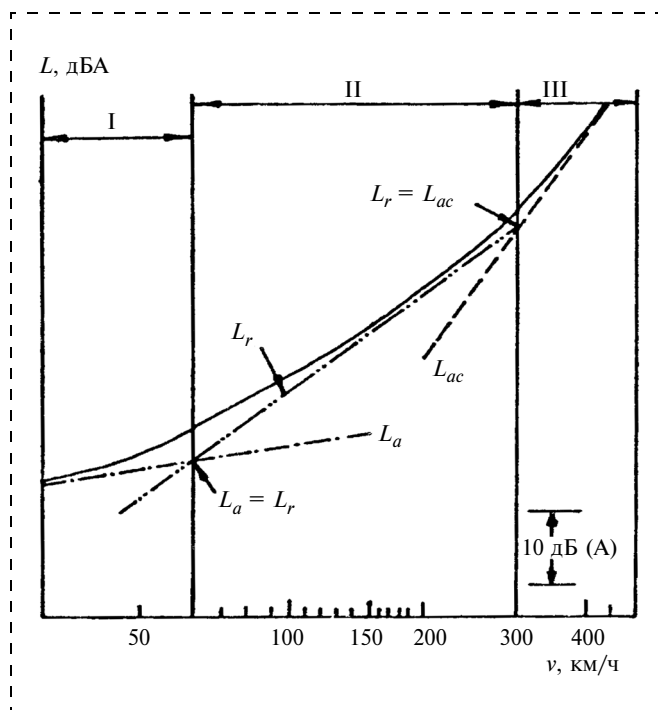


веденных измерений показывает, что основная часть излучаемой звуковой энергии приходится на колеса. Эти шумы доминируют в спектре частот свыше 1600 Гц. При частотах ниже 500 Гц преобладают шумы от рельсов, их значение зависит от конструкции верхнего строения пути, балластной призмы и грунтового основания.

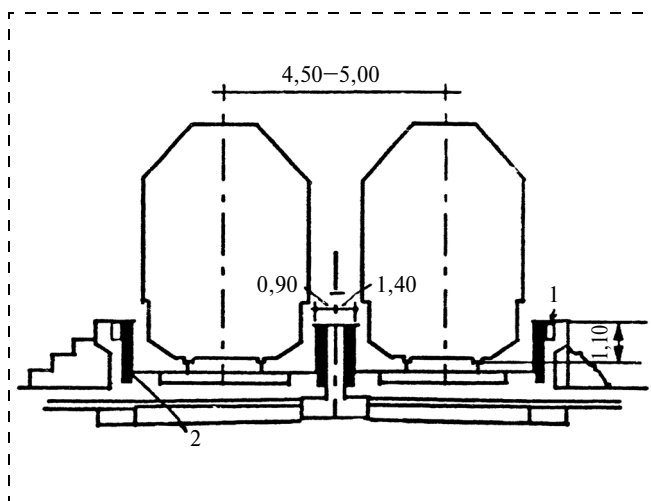
**Аэродинамический шум** возникает в результате обтекания подвижного состава воздухом, т. е. в результате воздействия турбулентных граничных потоков, а также срывов воздушных масс на головном и хвостовом вагонах и в отдельных узлах, например, на тележках и крышном оборудовании с токоприемниками.

Мощность шума качения, как показывают многочисленные исследования, растет пропорционально третьей степени скорости, в то время как мощность аэродинамического шума — пропорционально пятой степени скорости. В связи с этим существует некая критическая скорость, при которой уровни шума качения и аэродинамического шума сравниваются.

На рис. 1 представлены уровни шума поезда в зависимости от величины его скорости.



**Рис. 1. Зависимость уровня шума поезда от его скорости:**  
 $L_a$  — шум привода;  $L_r$  — шум качения;  $L_{ac}$  — аэродинамический шум; I — низкая скорость (до 60 км/ч), доминирует шум от привода; II — средняя скорость (60...300 км/ч), где доминирует шум качения; III — высокая скорость (свыше 300 км/ч), при которой доминирует аэродинамический шум



**Рис. 2. Низкий шумозащитный экран, устанавливаемый вблизи железнодорожного полотна:**  
 1 и 2 — шумозащитные экраны

Для уменьшения уровней шума поездов используется целый ряд мероприятий, которые, в основном, направлены на защиту от шума качения как основного источника в диапазоне скоростей до 300 км/ч. Комплекс таких мероприятий получил название LNT-технологии (Low-Noise Technology) [2] и включает:

- применение дисковых тормозов вместо колодочных на всех колесных парах, что позволяет дольше сохранять гладкой поверхность катания колес и тем самым способствует снижению шума;
- шлифование рельсов;
- применение демпфирующих накладок на дисках колес;
- установку шумозащитных фартуков, экранирующих ходовую часть подвижного состава;
- устройство низких шумозащитных экранов, расположенных близко к пути.

На рис. 2 показана схема такого низкого экрана, устанавливаемого вблизи железнодорожного полотна. Низкий экран не закрывает пассажирам вид из окна, однако такой экран обеспечивает высокую эффективность снижения шума только в сочетании со специальными шумозащитными фартуками, размещаемыми непосредственно на подвижном составе, как это показано на рис. 3. На рис. 4 показан низкий экран, установленный на одном из участков железных дорог Германии.

Применение мероприятий LNT-технологии уже на стадии проектирования подвижного состава и строительства или реконструкции путей позволяет

снизить затраты, которые потребуются в качестве компенсаций за отрицательное воздействие шума подвижного состава на окружающую среду.

Подчеркнем однако, что применение LNT-технологии возможно только при использовании подвижного состава со специальными шумозащитными фартуками, закрывающими зону максимального излучения шума, находящуюся, по различным данным, на высоте 0,4...0,6 м от головки рельса. Такой подвижной состав в РФ не выпускается, поэтому для защиты от шума необходимо использовать высокие шумозащитные экраны, применяемые, например, во Франции [3], а также и другие мероприятия, одним из которых является использование зеленых насаждений.

Зеленые насаждения (деревья и кустарники) рассеивают и поглощают энергию распространяющихся сквозь них звуковых волн. В результате этих эффектов уровни шума, распространяющегося через полосу зеленых насаждений, оказываются уменьшенными по сравнению со случаем безлесной поверхности. Для получения существенного эффекта полоса зеленых насаждений вдоль источника шума не должна иметь просветов, т. е. кроны деревьев должны быть сомкнутыми, а пространство под кронами заполнено плотными кустами. Наилучшие результаты дают хвойные породы деревьев.

На рис. 5 показаны результаты измерений уровней звука по мере удаления от источника, вдоль которого имеется полоса зеленых насаждений. Видно, что наиболее интенсивно затухают уровни звука в пределах первых 35 м от железнодорожной магистрали. По мере увеличения этого расстояния дополнительное затухание уровня звука незначительно.

На основании этих и других аналогичных результатов можно считать, что с помощью полосы зеленых насаждений шириной порядка 60 м можно обеспечить дополнительное снижение шума подвижного состава на величину до 12 дБА.

Экраны, размещаемые между источниками шума и объектами защиты от него, являются эффективным строительно-акустическим средством снижения шума поездов. Понятие "экран" принято относить к любым препятствиям на пути распространения шума. Экранами могут быть специальные звукозащитные барьеры, грунтовые валы, откосы выемок в грунте или их комбинации, а также специальные шумозащитные сооружения-галереи и туннели.

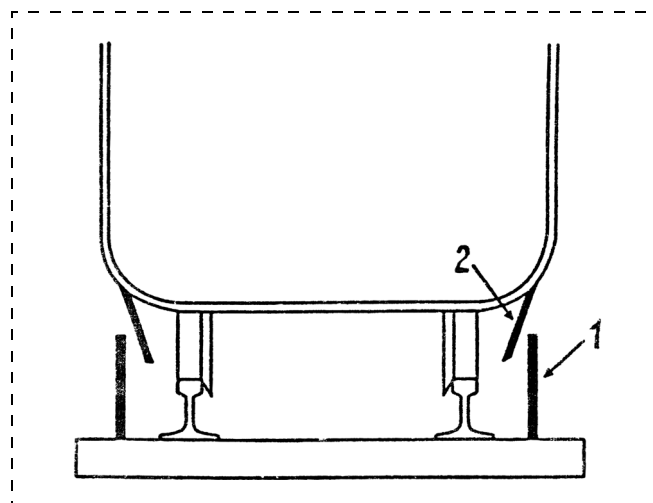


Рис. 3. Низкий шумозащитный экран (1) в сочетании с шумозащитным фартуком (2)



Рис. 4. Общий вид низкого шумозащитного экрана

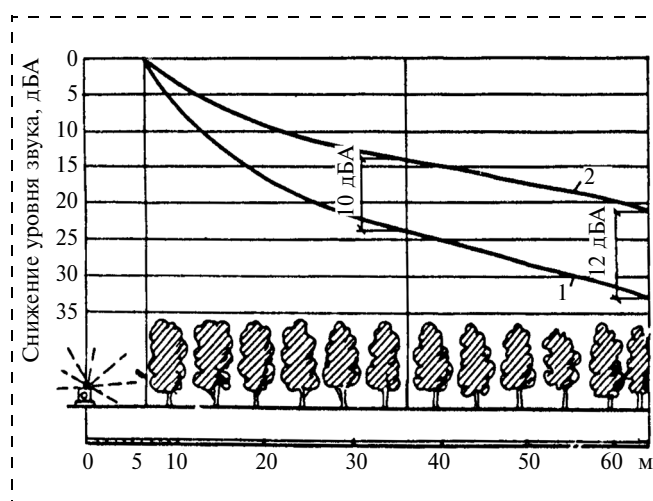


Рис. 5. Снижение уровня звука в зависимости от ширины полосы зеленых насаждений (кривая 1) по сравнению с уровнем звука без насаждений (кривая 2)



В качестве экранов на практике используются различные конструкции — пластиковые однослойные, металлические однослойные и многослойные, а также железобетонные.

Наибольшее распространение для защиты от шума получили железобетонные экраны, обладающие высокой звукоизолирующей способностью, например, используемые в Австрии, Франции и других европейских странах.

Имея в виду сказанное, рассмотрим использование для защиты от шума поездов железобетонных экранов со звукопоглотителем из пенобетона. Высота экрана принята 4 м из расчета, что снижение шума от зоны колесо — рельс, центр источника которого находится на высоте 0,5 м от поверхности земли, при нахождении экрана в пределах габарита С, на удалении 50 м будет равно 6 дБ. Длина

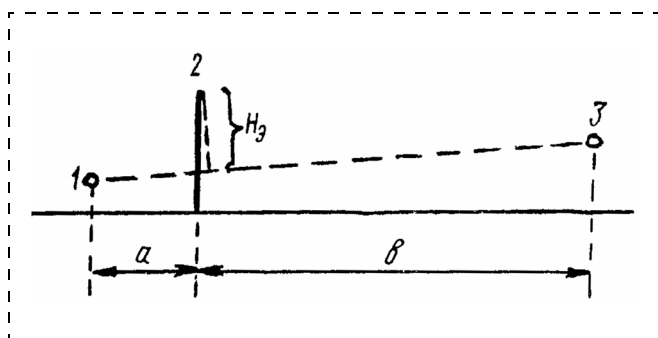


Рис. 6. Схема для определения акустической эффективности шумозащитного экрана:

1 — источник шума (зона колесо—рельс); 2 — экран; 3 — точка наблюдения

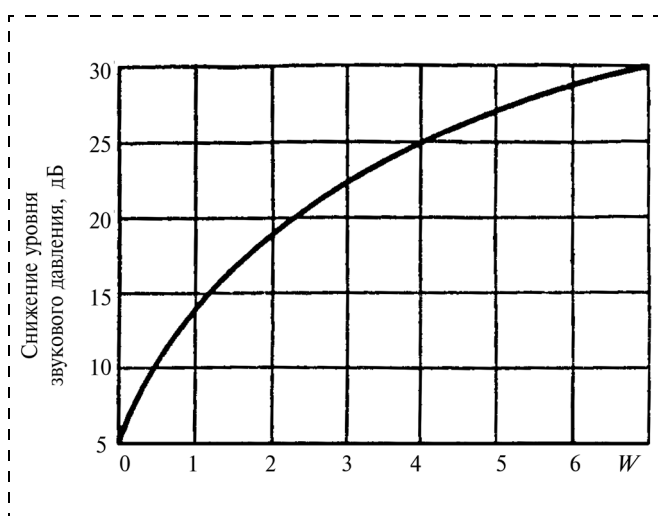


Рис. 7. График для определения акустической эффективности экрана в зависимости от параметра  $W$

каждой секции экрана принята 5 м. Экран устанавливается на железобетонном фундаменте.

Акустическая эффективность экрана зависит главным образом от его эффективной высоты, длины и расстояния между экраном и источником шума. Эффективная высота  $H_3$  экрана 2 определяется возвышением его верхней кромки над линией, соединяющей место положения источника шума 1 и точку наблюдения позади экрана 3 (рис. 6).

Акустическая эффективность экрана приближенно определяется с помощью графика, приведенного на рис. 7, в зависимости от параметра  $W$ . Для случая, когда расстояние ( $b$ ) между точкой наблюдения 3 и экраном 2 значительно превышает расстояние ( $a$ ) между источником 1 и экраном 2, параметр  $W$  приближенно можно определить по формуле [4]:

$$W \approx H_3 \sqrt{\frac{2f}{ac}}, \quad (1)$$

где  $f$  — частота, Гц;  $c$  — скорость звука в воздухе ( $c = 330$  м/с); размерности  $H_3$  и  $a$  даны в метрах.

Из формулы следует, что эффективность экрана увеличивается с ростом частоты. Например, при общей высоте экрана 2 м  $H_3 = 1,5$  м (источник шума находится на уровне колес), частоте  $f = 100$  Гц и величине  $a = 5$  м (поезд идет по второй колее)  $W \approx 0,52$ , тогда из рис. 7 следует, что начальная эффективность такого экрана равна 12 дБ.

Длина экрана выбирается исходя из того, чтобы шум источника, приходящий в точку наблюдения с концов экрана, не ухудшал бы его эффективность  $\mathcal{E}$  (дБ). Это условие определяется формулой:

$$\frac{l_2}{l_1} = 10^{\frac{\mathcal{E}}{15}}, \quad (2)$$

где  $\mathcal{E}$  — начальная эффективность экрана, определяемая по графику на рис. 7;  $l_1$  — расстояние от центра экрана до расчетной точки ( $b$  — на рис. 6);  $l_2$  — половина длины экрана вдоль железнодорожного полотна.

Отношение  $l_2/l_1$  в зависимости от  $\mathcal{E}$  графически показано на рис. 8. Видно, например, что при  $\mathcal{E} = 12$  дБ  $l_2$  должно быть в 6,4 раза больше  $l_1$ .

Последовательность выбора (расчета) экрана следующая:

1. Задаются высотой экрана выбранного из имеющихся типовых или проектируемого.



2. В соответствии с рис. 6, зная расстояние  $a$  от источника шума (колеса) до экрана и расстояние от экрана до точки наблюдения (жилой застройки)  $b$  графически определяют эффективную высоту экрана  $H_э$ .

3. По формуле (1) определяют параметр  $W$  для каждой из частот, характерных для спектра шума подвижного состава.

4. По графику на рис. 7 определяют начальную эффективность экрана  $Э$  в дБ.

5. По кривой  $Э$  из графика на рис. 8 и начальной эффективности экрана, отложенной по горизонтальной оси, определяют необходимую половину длины экрана вдоль железнодорожного полотна  $l_2$  и соответственно полную длину экрана  $2l_2$ , которая не снизит его начальной эффективности.

При меньших  $l_2$  реализуемая эффективность экрана будет ухудшаться. По рис. 8 можно определить при каких значениях  $l_2/l_1$  величина  $Э$  будет уменьшена на 2, 4, 8 и 12 дБ.

При определении длины экрана  $2l_2$ , необходимой для обеспечения требуемого снижения уровней шума в жилой застройке, прилегающей к железнодорожной магистрали, в качестве  $l_1$  следует принимать наименьшее расстояние жилой застройки от экрана. На больших расстояниях уровни шума на территории застройки будут уменьшаться за счет удаления от источника и для их снижения до требуемой величины достаточно будет меньшей эффективности экрана.

Конструктивное исполнение экрана включает железобетонную панель, установочные блоки и звукопоглощающий материал, наносимый на внутреннюю поверхность экрана для уменьшения шума внутри поезда. Наиболее эффективной является Г-образная конструкция, эффективность которой на 2...3 дБ выше по сравнению с плоской.

Эффективность экрана такого типа составляет 10...12 дБ при высоте около 2 м по отношению к шуму, обусловленному взаимодействием колеса и рельса.

Эффективность экрана в виде насыпи несколько меньше (на 2...3 дБ), так как ее невозможно разместить в непосредственной близости от колеи.

Иногда, как было сказано выше, применение экранов сочетается с использованием шумозащитных фартуков, устанавливаемых на подвижном составе в районе колесных тележек (см. рис. 3), как основного источника шума на скоростях ниже 300 км/ч. Эффект от такой конструкции составил 10 дБ.

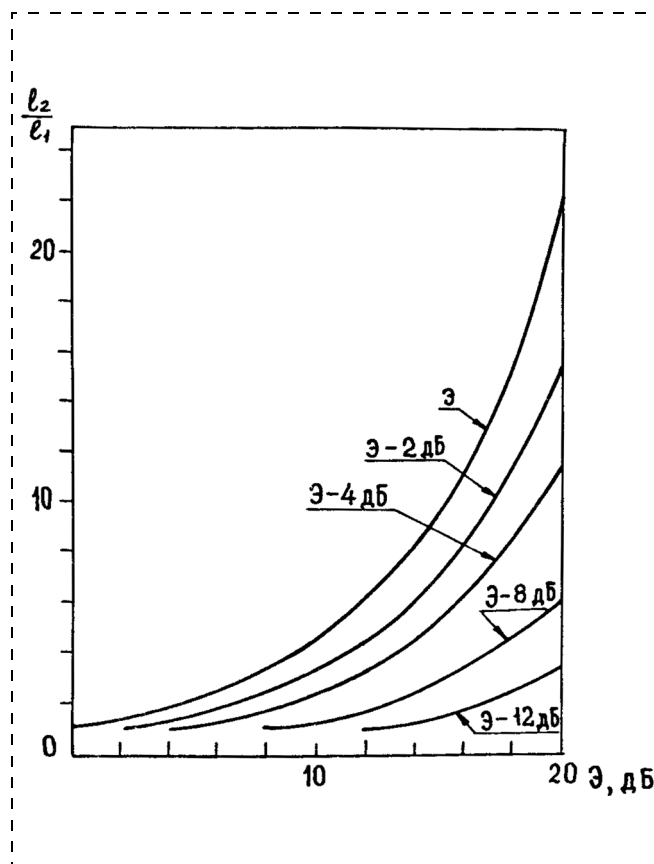


Рис. 8. График для определения половины длины экрана  $l_2$ , не ухудшающей его начальной эффективности  $Э$

При необходимости снижения шума поезда более чем на 20 дБ необходимо использовать шумозащитные туннели (галереи). Эффективность туннеля будет определяться отношением расстояния от точки наблюдения (вне туннеля) до ближайшего конца туннеля  $l_2$  к наименьшему расстоянию от этой же точки до центра туннеля  $l_1$ .

Насколько эффективны могут быть предложенные выше шумозащитные сооружения, можно рассмотреть на примере одного из участков железной дороги, проходящего от терминала Санкт-Петербург Московский до отметки 10-й километр [5].

План этого участка показан на рис. 9. Здесь сплошной линией (I) показана граница зоны акустического дискомфорта без средств шумозащиты, пунктиром (II) та же граница с использованием экранов; 1 — терминал; 2 — обводный канал; 3 — ст. Фарфоровский пост; 4 — ст. Сортировочная.

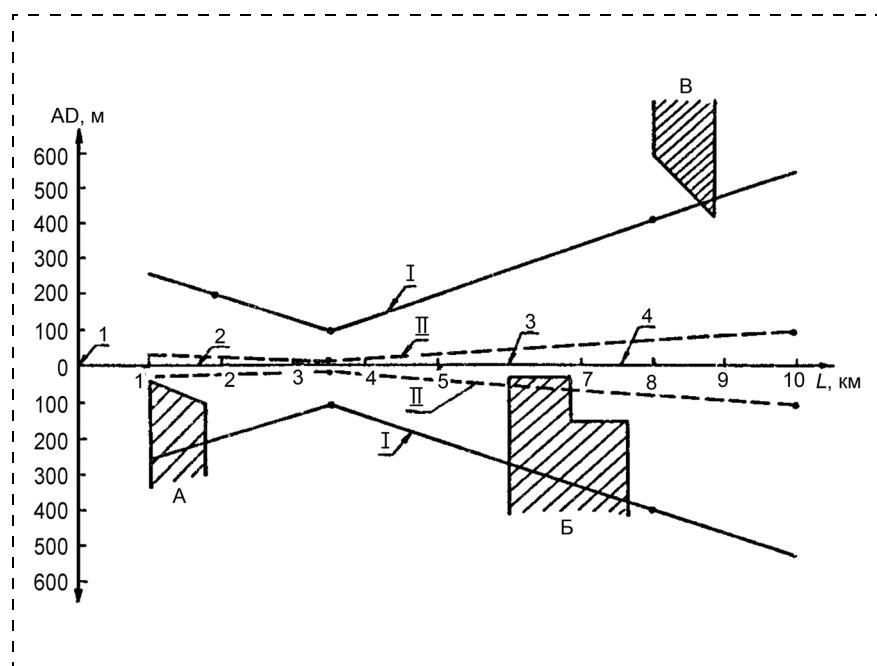


Рис. 9. Зоны акустического дискомфорта в жилых районах, примыкающих к железной дороге в районе от терминала Санкт-Петербург Московский до отметки 10-й километр: I — без шумозащитных экранов; II — с использованием шумозащитных экранов; А, Б и В — жилые кварталы

в квартале А оказываются вне зоны акустического дискомфорта, если экран будет установлен начиная за 200 м от первого (углового) дома ул. Днепропетровской и до Обводного канала.

В квартале В установка экрана эффективностью 12 дБ обеспечит достаточное снижение шума только для домов новой застройки, для домов старой застройки необходима установка экрана эффективностью не менее 14 дБ.

Жилой район В находится практически за пределами зоны дискомфорта, и для его защиты от действия шума железной дороги специальных мероприятий не требуется.

Таким образом, предложенные выше способы защиты от шума поездов вполне реальны и могут быть приняты за основу при планировании шумозащитных мероприятий.

#### Список литературы

1. Зальцман Г. К., Копытенкова О. И., Пронин А. П., Плотницын Е. С. Акустическое загрязнение городской среды транспортными потоками / Сб. докладов научно-практической конференции с международным участием "Защита населения от повышенного шумового воздействия". — СПб.: Балтийский государственный университет, 2006. — С. 326—329.
2. Heimerl G. Den Vergleich der Larmbekämpfung Methoden // Eisenbahntechnische Rundschau. — 1998. — № 7. — S. 437—440.
3. Bromberger L. Une casquette pour Lamartine // La vie du rail. — 1993. — № 2391. — P. 4—5.
4. Тюрина Н. В. Применение акустических экранов для снижения шума в жилой застройке // Сб. докладов научно-практической конференции с международным участием "Защита населения от повышенного шумового воздействия". — СПб.: Балтийский государственный университет, 2006. — С. 97—113.
5. Иванов Н. И., Никифоров А. С., Зальцман Г. К., Пронин А. П., Лебедев С. А. Акустико-экологическая безопасность при скоростном движении поездов. Железнодорожный транспорт // Экспресс информация. Вып. 3—4. ЦНИИТЭИ МПС. — М., 1996. — С. 1—59.

Из рис. 9 видно, что без использования экранов в зоне акустического дискомфорта оказываются три жилых квартала:

А — около ул. Днепропетровская в пределах от развилки Октябрьской железной дороги в районе 1 км до Обводного канала (расстояние края квартала до крайней колеи 40...100 м);

Б — между ст. Фарфоровский пост и ст. Сортировочная (расстояние от границы жилых домов старой застройки между 6-м и 7-м км до железной дороги около 40 м, от домов новой застройки — около 150 м);

В — между ул. Цимбалына и ул. Шелгунова (расстояние от ближайших домов до железной дороги около 400 м).

Пунктиром обозначена зона акустического дискомфорта в случае применения экрана эффективностью 12 дБ. Видно, что в этом случае жилые дома

УДК 551.481

А. Л. Рижинашвили, асс.,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
E-mail: railway-ecology@yandex.ru

## Биологические объекты и химические процессы в пресных водоемах как элементы экологической безопасности в условиях интенсивного антропогенного воздействия

*Проанализировано состояние популяций живых организмов и химизма воды ряда озер, находящихся в условиях интенсивного антропогенного воздействия. Анализ проведен в связи с проблемой экологической безопасности водоснабжения. Впервые проведена количественная оценка так называемой "отдачи" экосистемы на повышенный уровень органического загрязнения. Предложено учитывать жизнедеятельность биоты и химический состав воды при разработке мероприятий по отведению сточных вод.*

**Ключевые слова:** экологическая безопасность водоснабжения, антропогенное воздействие на гидросферу, живые организмы, самоочищение водоемов, вторичные эффекты самоочищения, "система углерода" природных вод.

**Rizhinashvili A. L.** *The biological objects and chemical processes in waterbodies as elements of environmental safety under severe anthropogenic influence*

*The aim of our study is consideration of living organisms populations condition and water chemistry in the lakes under severe anthropogenic influence. The analysis was carried out in relation with ecological safety of water supply. For the first time quantitative estimation the ecosystem response to intensive organic pollution was made. It was proposed to take into account the living organisms functioning and water chemistry when wastewaters will be rejected.*

**Keywords:** water supply ecological safety, anthropogenic influence on hydrosphere, living organisms, waterbodies autopurification, secondary effects of autopurification, "carbon system" of natural waters.

### Введение

Антропогенное (в том числе техногенное) воздействие на гидросферу и на пресные водоемы и водотоки как ее существенный компонент, являющийся основным источником бытового, сельскохозяйственного и промышленного водоснабжения, в последние десятилетия приобретает все возрас-

тающие масштабы. Поэтому проблемы качества воды и качества жизни человека становятся неотделимыми друг от друга. Совершенно очевидно, что исследования в области экологической безопасности и устойчивого развития биосферы невозможно представить без изучения функционирования важнейшего звена любой экосистемы — ее биоты (живого вещества). Именно благодаря популяциям живых организмов осуществляется глобальный перенос веществ, энергии и информации в биосфере. Необходимо особо отметить, что растения и животные способствуют утилизации и трансформации разнообразных загрязняющих веществ и способны служить инструментом индикации антропогенного загрязнения.

Несмотря на имеющийся опыт оценки состояния гидроэкосистемы как целого в условиях антропогенного влияния с позиций биологии (например, [1]), отсутствуют попытки анализа химических аспектов функционирования компонентов водных экосистем. Между тем, состав и концентрация веществ в воде являются одновременно и отражением жизнедеятельности живых организмов и следствием антропогенного загрязнения водоема, что в свою очередь также влияет на биоту. Задачей работы является анализ некоторых примеров состояния популяций живых организмов в пресных водоемах и круговорота веществ в последних (по химическим показателям). При этом основное внимание уделено характеру антропогенного воздействия на водные объекты, а также вопросам экологической безопасности водоснабжения.

### Процессы самоочищения в водных объектах и экологическая безопасность водопотребления

Экосистемы водоемов и водотоков обладают важной особенностью, позволяющей им нормально функционировать даже в условиях интенсивного загрязнения, — совокупностью процессов самоочищения [7]. Существенный элемент самоочищающего потенциала гидроэкосистемы составляют популяции живых организмов, обладающих фильтрационным способом питания, а также бактерии, разлагающие отмершую органику, и высшие вод-



**Характеристика участия крупных двухстворчатых моллюсков в переносе органических веществ и воды в озерах Красном и Лаборжском (в расчете на вегетационный сезон — май—сентябрь)**

| Озеро                      | $V_0$ , млн м <sup>3</sup> | $V_{\text{вег}}/V_0$ | $n$ , сут | $T$ , сут | $OB$ , гС/м <sup>2</sup> | $P$ , гС/м <sup>2</sup> | $OB/P$ | БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л | $C_{\text{орг}}$ , мгС/л | БПК <sub>5</sub> /( $OB-P$ ) | ( $OB-P$ )/ $C_{\text{орг}}$ |
|----------------------------|----------------------------|----------------------|-----------|-----------|--------------------------|-------------------------|--------|--|--------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Красное<br>Лаборж-<br>ское | 60,20                      | 2,84                 | 70        | 288       | 82,16                    | 5,96                    | 13,78  | 1,60                                   | 7,21                     | 0,05                         | 1,60                         |
|                            | 0,23                       | 2,34                 | 66        | 69        | 49,61                    | 44,30                   | 1,12   | 5,40                                   | 18,70                    | 0,85                         | 0,12                         |

Примечание.  $V_0$  — объем водной массы озера;  $V_{\text{вег}}$  — объем воды, фильтруемой популяциями моллюсков за вегетационный период;  $n$  — период времени, необходимый моллюскам для фильтрации всего объема озера;  $T$  — период внешнего водообмена озера;  $OB$  — количество органических веществ (в углеродном эквиваленте, гС), выносимых моллюсками с отфильтрованным объемом воды  $V_{\text{вег}}$  в расчете на 1 м<sup>2</sup>;  $P$  — количество органических веществ, утилизируемых в пищу донными животными (гС/м<sup>2</sup>); БПК<sub>5</sub> — биохимическое потребление кислорода (за 5 суток);  $C_{\text{орг}}$  — концентрация органического углерода. Отношения в двух последних столбцах безразмерны.

ные растения, использующие избыток биогенных элементов (азота и фосфора). Однако в соответствии с законом сохранения массы веществ и по одному из эмпирических законов экологии Б. Коммонера [5] избыточные вещества, которые привносятся в результате загрязнения, должны "куда-то деваться" в процессе самоочищения. Так, отфильтрованная животными — фильтраторами водная взвесь может войти в состав донных отложений рек и озер, что в свою очередь должно способствовать их вторичному загрязнению. Несмотря на очевидность приведенного примера, попытки количественной оценки масштабов переноса веществ при самоочищении до сих пор не предпринимались.

Были рассмотрены два озера, отличающиеся по уровню антропогенной нагрузки на них — Красное (Карельский перешеек Ленинградской области) и Лаборжское (Латгальская возвышенность, Восточная Латвия). Первое расположено среди лесного массива и подвергается рекреационной и культурно-бытовой, в меньшей степени сельскохозяйственной нагрузкам. Озеро Лаборжское имеет распаханый на 61 % водосбор и подвержено интенсивному сельскохозяйственному воздействию. Для того чтобы продемонстрировать характер круговорота веществ в ходе естественного самоочищения в этих двух озерах, была проанализирована жизнедеятельность популяций одной из групп фильтраторов — крупных двухстворчатых моллюсков. На основе данных о расчетных величинах скорости фильтрации воды этими животными и с учетом плотности их популяции и температуры воды<sup>1</sup>, было выяснено что эти животные за один вегетационный сезон способны пропускать объемы воды, превышающие в два—три раза объемы водных масс исследуемых озер (см. таблицу). Примечательно, что время, необходимое моллюскам для фильтрации всего объема водоема, оказывается сопоставимым с периодом его внешнего водообмена, т. е. временем, необходимым для замены воды в озере за счет притока водных

<sup>1</sup> Подробная схема расчета фильтруемого моллюсками за сезон объема воды изложена в монографии [2].

масс в него. Так, в озере Лаборжское время фильтрации воды моллюсками  $n$  и период внешнего водообмена  $T$  почти совпадают, а в озере Красном оно в 4 раза меньше времени внешнего водного обмена  $T$ . Эти несложные расчеты позволяют предположить, что моллюски вносят существенный вклад в циркуляцию водных масс внутри водоемов.

Рассмотрим, в какой мере движение воды за счет моллюсков вовлекает в круговорот органические вещества, находящиеся в ней. Если учесть, что в воде озера Красного содержится 2,6 мг/л взвешенных веществ, то в целом двухстворчатые моллюски за вегетационный сезон осаждают на дно 445 т взвеси. Осажденные взвешенные частицы будут употребляться в пищу донными животными, не обладающими фильтрационным способом питания, а оставшееся не утилизированное количество, очевидно, будет разлагаться бактериями и окисляться химическим путем.

В результате проведенных расчетов оказалось, что количество органических соединений, запасенное в осажденной моллюсками части взвеси, не использованной донными животными, в озере Лаборжском потребует для своей минерализации количество кислорода, которое эквивалентно БПК<sub>5</sub><sup>1</sup> (если судить по отношению БПК<sub>5</sub> к разнице между количеством осажденной моллюсками органики  $OB$  и рациону донной фауны  $P$ , показатель  $БПК_5/(OB - P)$ ). В озере Красном органические вещества не утилизированной взвеси эквивалентны количеству кислорода, превышающему БПК<sub>5</sub> в 20 раз. По отношению к концентрации общего органического углерода ( $C_{\text{орг}}$ ) количество не потребленных донными животными органических веществ (в углеродных единицах) в озере Лаборжском со-

<sup>1</sup> Этот показатель интерпретируется как количество кислорода (мгО<sub>2</sub>/л), необходимое для окисления микроорганизмами легко разлагающихся органических соединений и используется как одна из мер загрязнения этими веществами воды.

<sup>2</sup> Пересчет БПК<sub>5</sub> в углеродные единицы осуществлен умножением на коэффициент 0,3, при переходе с единиц объема (мг/л) на запас органических веществ (на м<sup>2</sup>) учитывалась средняя глубина водоема согласно схеме расчета, приводимой в [1].

ставит 12 % (отношение  $(OB - P)/C_{орг}$ ). В озере Красном запасы углерода в осажденной взвеси в 1,6 раза превысят показатель  $C_{орг}$ . Приведенные значения демонстрируют, что двустворчатые моллюски за счет фильтрации воды способны создавать большой резерв органических веществ в озере.

В результате интенсивное накопление органического вещества при определенных условиях может привести к дефициту кислорода в придонном слое воды озер и так называемым "заморам", в результате которых наблюдается гибель всех живых организмов в водоеме. Особенно велика такая опасность для озер с крайне замедленным водообменом и в случае с выраженной стратификацией водных масс. Необходимо учитывать, что органические соединения, осаждаемые моллюсками, могут содержать и токсичные вещества, которые при определенных условиях вновь возвращаются в водную массу и таким образом содействуют вторичному загрязнению водоема.

Таким образом, проведенные на основе количественных характеристик жизнедеятельности животных расчеты позволяют предположить, что самоочищение водоемов, являясь элементом поддержания гомеостаза гидроэкосистемы, одновременно выступает и как фактор, отрицательно влияющий на качество воды в водоеме, т. е. своеобразной "отдачей" экосистемы является загрязнение. В наибольшей степени это будет проявляться на водоемах, подвергающихся интенсивному антропогенному воздействию, поскольку все большее количество органических веществ будет вовлекаться в круговорот воды. При проведении мероприятий по подготовке природной воды для различных видов водоснабжения, а также при нормировании сбросов сточных вод следует учитывать вторичные эффекты самоочищения в водных объектах.

#### **Состояние "системы углерода" в водоемах с различным уровнем содержания органических соединений**

"Система углерода" в природных водах — это совокупность всех (органических и неорганических) химических форм этого элемента. Минеральные формы углерода представлены в водоемах главным образом ионом  $\text{HCO}_3^-$  (очень редко в содовых водах также и анионом  $\text{CO}_3^{2-}$ ), а также углекислым газом [8]. Органические формы углерода представлены широким кругом соединений, включающим в себя гумусовые вещества почвенного происхождения (гуминовые кислоты и фульвокислоты), а также вещества, образующиеся в самом водоеме за счет деятельности фотосинтезирующих организмов.

Общепринято, что основным механизмом, регулирующим концентрации и соотношение форм существования углерода, является соотношение скоростей продукционных и деструкционных (минерализационных) процессов в водоеме [11]. Отношение скоростей этих процессов, в свою очередь, зависит от уровня естественной продуктивности экосистемы водного объекта и антропогенной нагрузки на него (особенно загрязнения), а также морфометрических и гидрологических особенностей водоема.

Таким образом, "система углерода" отражает круговорот этого элемента в водоемах и может характеризовать характер антропогенного воздействия на него, а также способность водного объекта к самоочищению. Несмотря на то, что сделаны конкретные шаги в направлении поиска связи содержания и природы органических веществ (в том числе антропогенного происхождения) в водоемах и минеральных форм углерода [10], все еще остается невыясненным вопрос о возможности использования компонентов "системы углерода" для индикации хозяйственного освоения водного объекта. Однако известны попытки разделения компонентов химического состава воды на "природную", "промышленную" и "коммунально-бытовую" составляющие [4]. Так, индикаторами промышленного загрязнения (в условиях интенсивной нефтегазодобычи) водоемов являлись общая минерализация воды и содержание в ней специфических поллютантов (нефтепродукты, метанол, некоторые галогены, бор), а также фенолов. Для бытового загрязнения характерны такие индикаторные признаки, как соединения азота, фосфаты и СПАВ.

Были рассмотрены озера, подвергающиеся различной степени антропогенного воздействия и загрязнения и характеризующиеся разным уровнем содержания органических соединений в воде. Как известно, водоемы по количеству содержащихся в них органических соединений могут быть подразделены на олиготрофные, мезотрофные, эвтрофные, гипертрофные и дистрофные<sup>1</sup>. В ряду от олиготрофных к гипертрофным водным объектам уровень содержания органических веществ (особенно легко окисляемой фракции, преимущественно углеводов) возрастает. Это происходит вследствие интенсификации жизнедеятельности автотрофов

<sup>1</sup> Эти группы выделены по уровню продуктивности экосистем озер (согласно несколько видоизмененной классической схеме А. Тинеманна и Е. Науманна), определяемой, главным образом, по величине продукции планктонных водорослей. В олиготрофных водоемах продукция этой группы биоты самая низкая, тогда как в эвтрофных и гипертрофных она чрезвычайно высока, мезотрофные водоемы занимают промежуточное положение. Дистрофные воды отличаются повышенным содержанием соединений почвенного гумуса (гуминовых кислот и фульвокислот), фауна и флора в них бедна.



(т. е. усиления фотосинтеза) в этих водных объектах. Такая интенсификация может наступить в результате поступления в водоем значительного количества биогенных элементов — азота и фосфора, обеспечивающего своеобразную "подкормку" автотрофного звена экосистемы. Поэтому эвтрофные и гипертрофные озера и водохранилища являются, как правило, сильно загрязненными бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами, содержащими повышенное количество биогенов. В дистрофных водоемах увеличено содержание почвенного гумуса, поступающего с заболоченной территории, окружающей озеро. Такие озера не являются загрязненными, это особенность их гидрохимического режима.

Рассчитаны компоненты "системы углерода" для 18 озер, расположенных на Северо-Западе Европейской части России и сопредельных территориях (Ленинградская область — Красное, Лемболовское, Снетковское, Борисовское, Охотничье; Ярославская область — Сомино; Белоруссия — Сита, Даубле; Латвия — Пушас; Эстония — Удсу, Петаярв, Кыртсиярв, Толлари, Рухиярв, Тюндра, Тамула, Ахеру, Эхиярв). В качестве компонентов системы рассмотрены концентрация гидрокарбонатных анионов  $\text{HCO}_3^-$ , равновесная концентрация  $\text{CO}_2$ , концентрация общего органического углерода  $C_{\text{орг}}$ , содержание лабильной (легко окисляемой фракции) органических соединений (по БПК<sub>5</sub>). Все параметры, за исключением концентрации  $\text{CO}_2$ , определяются аналитически и заимствованы из литературных источников [3, 9]. Вычисление содержания  $\text{CO}_2$  проведено по общепринятой методике расчета компонентов карбонатного равновесия [6].

Совокупность величин параметров "системы углерода" водоемов подвергнута факторному анализу по методу главных компонент (ГК) в пакете Statistica 6.0 (StatSoft, Inc., 2001). В результате было выявлено, что показатель  $C_{\text{орг}}$  и содержание  $\text{HCO}_3^-$  анионов составляют основное направление дифференциации озер, так как они тесно взаимосвязаны и исчерпывают в составе первой главной компоненты (I ГК), которую можно интерпретировать как общее содержание углерода, примерно 45 % общей дисперсии. Концентрация углекислого газа и показатель БПК<sub>5</sub> по I ГК несут по 25 % изменчивости, в дальнейшем расходясь практически независимо друг от друга на II и III ГК (где каждый показатель несет максимальные нагрузки), каждая из которых описывает по 22 % дисперсии.

Таким образом, основными компонентами "системы углерода", обуславливающими различия водоемов, являются концентрации общего органического углерода и гидрокарбонатных ионов. Для того

чтобы сгруппировать водоемы по компонентам "системы углерода", факторные координаты (factor scores) водоемов в пространстве четырех главных компонент (исчерпывающих в сумме 98 % дисперсии) были подвергнуты кластерному анализу (метод взвешенной средней, расстояние Эвклида). В результате были выделены три кластера: кластер 0 (гипертрофное озеро Лемболовское); кластер 1 с тремя подкластерами: 1a (мезотрофные озера Красное, Удсу, Сита, Тюндра, эвтрофные — Снетковское, Борисовское, олиготрофное — Охотничье), 1b (эвтрофные озера Тамула, Ахеру, Эхиярв, Толлари, гипертрофные — Даубле, Сомино), 1c (гипертрофные озера Петаярв, Кыртсиярв); кластер 2 (дистрофное озеро Рухиярв и эвтрофное — Пушас). Как не удивительно, разделение водоемов на кластеры по "системе углерода" не в полной мере соответствует их делению по уровню загрязненности органическими соединениями. Однако возможно, что такое несоответствие вызвано различными механизмами накопления органических веществ в каждой из выделенных групп. Эти механизмы в свою очередь, могут определяться как природными особенностями химизма воды озер, так и уровнем антропогенной нагрузки на водный объект.

Для выяснения возможной роли этих условий, исследованные озера были представлены на диаграммах рассеяния в пространстве цветности и минерализации воды (рис. 1) и общего содержания азота ( $N_T$ ) и фосфора ( $P_T$ ) в воде (рис. 2). Цветность и минерализация в значительной мере отражают естественные особенности формирования химиз-

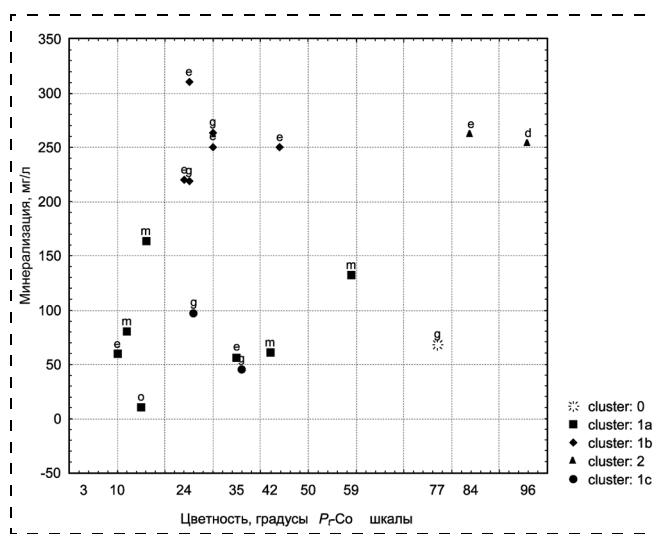


Рис. 1. Ординация озер из различных кластеров в пространстве по цветности и минерализации воды

Обозначения групп водоемов по уровню содержания органических соединений: g — гипертрофные, e — эвтрофные, m — мезотрофные, o — олиготрофные, d — дистрофные

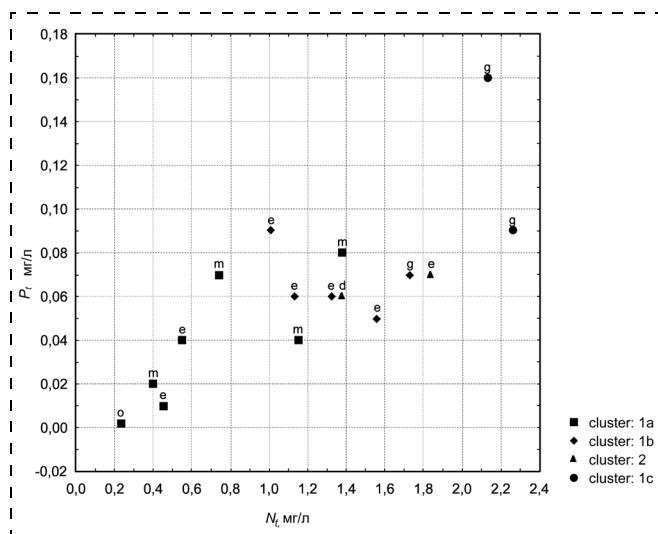


Рис. 2. Ординация озер из различных кластеров в пространстве по содержанию общих форм азота  $N_t$  и фосфора  $P_t$  (буквенные обозначения те же, что на рис. 1)

ма воды, тогда как концентрации общих форм азота и фосфора являются характеристикой антропогенного загрязнения озера.

На рис. 1 видно, что озера различных кластеров достаточно четко приурочены к определенным областям цветности и минерализации. Тоже можно сказать и о группировке водоемов по отношению к содержанию общих форм азота и фосфора в воде (см. рис. 2). Важно и другое заключение, которое можно сделать, если исходить из положения водных объектов на графиках. Озера кластера 1а, обладающие естественно низкой минерализацией воды, содержат в себе небольшое количество минеральных и органических форм азота и фосфора.

Но даже при такой невысокой концентрации биогенов в воде водоемы из этой группы могут быть эвтрофными, т. е. накапливать большое количество органических соединений. Напротив, озера с высокой минерализацией, обладающие повышенной накопляемостью органики, содержат в воде значительно более высокие концентрации азота и фосфора. Все это свидетельствует о том, что в низкоминерализованных (химически "мягких") водах даже небольшие концентрации соединений биогенных элементов могут приводить к серьезному усилению фотосинтеза и, как следствие, образованию и накоплению избытка органических веществ.

Следовательно, такие водные объекты наиболее уязвимы для антропогенного воздействия. В связи с тем, что озера с малой минерализацией находятся в основном на территории Севера и Северо-Запада Европейской части России, этот регион нуждается в разработке стратегии экологически безопасного

водоотведения. А именно, перед спуском сточных вод следует максимально освобождать их от биогенов и легко доступных для минерализации органических соединений. В тоже время озера с высокой минерализацией могут выдерживать значительные концентрации азотсодержащих и фосфорсодержащих веществ.

Таким образом, "система углерода" позволила разделить водоемы на группы, имеющие различный природный химизм воды и отличающиеся разным уровнем антропогенного воздействия. Это, в свою очередь, позволяет предсказать последствия спуска сточных вод в различные озера и наметить пути экологически безопасных методик отвода стоков и их предварительной подготовки.

### Заключение

В настоящей статье рассмотрены два аспекта существования экологических систем водоемов в связи с проблемой экологической безопасности водоснабжения. Один аспект связан с жизнедеятельностью водной биоты в условиях различной степени антропогенной нагрузки. Выявлено, что живые организмы, населяющие водоемы, способствуют не только самоочищению водных масс последних, но и благоприятствуют созданию запаса органических веществ в их донных отложениях. Иными словами, загрязняющие вещества не разрушаются, а лишь захораниваются и могут становиться причиной повторного (вторичного) загрязнения водного объекта. В результате наблюдается "отдача" экосистемы водоема на его загрязнение. Интенсивность этой реакции будет зависеть от степени загрязнения озера или водохранилища.

Другой элемент экологической безопасности водных объектов связан с природными особенностями химизма воды ("системы углерода"), которые определяют реакцию водоема на антропогенное загрязнение, в частности, на интенсивность поступления в него соединений азота и фосфора с бытовыми и сельскохозяйственными сточными водами. Так, водоемы, расположенные на Северо-Западе Европейской части России отличаются водой с низкой минерализацией. Поэтому даже небольшое поступление органических и минеральных форм азота и фосфора в них приведет к интенсивному фотосинтезу водорослей и высших растений. В результате усиления деятельности автотрофов произойдет накопление органических веществ в воде и донных отложениях.

Таким образом, жизнедеятельность биоты и химический состав воды следует учитывать при планировании спуска сточных вод различного происхождения.



### Список литературы

1. **Алимов А. Ф.** Элементы теории функционирования водных экосистем. — СПб: Наука, 2000. — 147 с.
2. **Алимов А. Ф.** Функциональная экология пресноводных двусторчатых моллюсков. — Л.: Наука, 1981. — 248 с.
3. **Антропогенное** воздействие на малые озера. — Л.: Наука, 1980. — 172 с.
4. **Иванов Ю. К., Бешенцев В. А.** Техногенная трансформация состава природных вод Пуровского района Ямало-Ненецкого автономного округа // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. — 2006. — № 4. — С. 313—320.
5. **Коммонер Б.** Технология прибыли. — М.: Мир, 1976. — 112 с.
6. **Коновалов Г. С., Гончарова Т. О., Никаноров А. М., Федоров Ю. А., Тарасов М. Г., Матвеева Н. П.** Формирование химического состава природных вод в естественных условиях и в условиях антропогенного воздействия // Справочник по гидрохимии / Под ред. А. М. Никанорова. — Л.: Гидрометеиздат, 1989. — С. 162—231.
7. **Львович А. И.** Защита вод от загрязнения. — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 168 с.
8. **Никаноров А. М.** Гидрохимия. — Л.: Гидрометеиздат, 1989. — 352 с.
9. **Ресурсы** поверхностных вод СССР. Т. 2: Карелия и Северо-Запад. Ч. 3. — Л.: Гидрометеиздат, 1972. — 958 с.
10. **Рижинашвили А. Л.** Показатели содержания органических веществ и компоненты карбонатной системы в природных водах в условиях интенсивного антропогенного воздействия // Вестник СПбГУ. — серия 4. — 2008. — № 4. — С. 90—101.
11. **Румянцева Э. А.** Макрокомпоненты "системы углерода" и их динамическая стабильность // Антропогенное воздействие на малые озера. — Л.: Наука, 1980. — С. 33—37.

УДК 712.4; 504; 575

**Е. А. Шилова**, канд. мед. наук, доц., **Л. М. Юферева**, канд. техн. наук, доц.,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
E-mail: lmyu@bk.ru

## Что мы сажаем, сажая леса...

### К вопросу о концептуальном подходе озеленения городов

*По Конституции РФ каждый гражданин имеет право на благоприятную окружающую среду. Одной из важнейших градостроительных задач при этом является установление гармоничного равновесия искусственной городской среды и природы, а также создание экобезопасных и комфортных условий для проживания человека на урбанизированных территориях, что особенно остро проявляется в условиях кризисных ситуаций.*

**Ключевые слова:** благоприятная окружающая среда, урбанизированная территория, экобезопасность, экосистема, озеленение, растения, рекультивация.

**Shilova E. A., Yufereva L. M.** *That we put, putting woods... To a question on the conceptual approach of gardening of cities*

*Under the Constitution of the Russian Federation each citizen has the right to favorable environment. One of the major town-planning problems thus is the establishment of harmonious balance of the artificial city environment and the nature, and also creation ecological safety and comfortable conditions for residing of the person in the urbanised territories that is especially sharply shown in the conditions of crisis situations.*

**Keywords:** the favorable environment, the urbanised territory, ecological safety, an ecosystem, gardening, plants, recultivation.

Зеленый фонд городов и их окрестностей — неотъемлемая часть градостроительной структуры и важнейшая часть городской экосистемы. Сейчас, как никогда, при многократно увеличившейся интенсивности жизни остро ощущается потребность в грамотном и целостном подходе к проблеме озеленения мегаполисов, а также в усовершенствовании системы землепользования в городе, при которой будут учитываться все вопросы, связанные с функционированием зеленых насаждений.

Сопоставление сведений об озеленении, осуществляемом в разные исторические эпохи, демонстрирует, что задачи озеленения, как и его способы, достаточно многообразны.

Как свидетельствуют тенденции озеленения, его стратегии становятся все более специальными, причем во многом их специализация связана с развитием индустрии и транспорта, с процессами урбанизации, с необходимостью создания для жителей и экосистем благоприятных условий, с комплексным подходом к решению вопросов оздоровления экологической ситуации.

Рассмотрим некоторые основные частные стратегии озеленения.

Исторически, едва ли не самое древнее назначение озеленения как украшения отражено в стратегии **декоративного озеленения**. Примерами такого озеленения можно назвать висячие сады Семирамиды, монгольские сады Бабура, раджпутские сады в Индии, регулярные и пейзажные сады в Ев-



ропе, кольцо из садов Академии Ликейя и частных вилл в Афинах, крупнейшая в мире система приморских парков и зеленые пояса вдоль Фонтанки и Мойки и вокруг Петербурга при Петре Первом и т. д.

Создание садов и парков приобрело значение особой области искусства, а также специальной области ландшафтной архитектуры. В настоящее время все более важную роль в декоративном озеленении приобретает декоративная дендрология с учетом эстетических требований к размещению деревьев и кустарников.

К декоративному озеленению весьма близки по своему назначению стратегии **мемориального и церемониального озеленения**. Озеленение с мемориальными целями имеет древнейшую историю и большое эстетическое и воспитательное значение. Один из примеров такого озеленения — Зеленый пояс Славы, созданный как памятник обороны Ленинграда в годы Великой Отечественной войны. Исторические свидетельства церемониального озеленения находят в различных мифологических и религиозных верованиях древних славян, индейцев, индоевропейцев.

Стратегия **геосанитарного озеленения** предполагает целенаправленное использование зеленых насаждений для оздоровления окружающей среды, для улучшения и сохранения здоровья населения. В особенности существенно оздоровление с помощью растений атмосферного воздуха, природных и сточных вод, естественных и искусственных почв. Эффект оздоровления связан с оседанием механических частиц и аэрозолей на поверхность растений, с поглотительной способностью химических загрязнителей растительными тканями, с последующим разложением, связыванием и отложением поглощенных веществ в клетках растений.

Кроме того, растения участвуют в регуляции температуры и влажности и отчасти в снижении напряженности электромагнитных полей. Подтверждением тому являются данные многочисленных исследований, которые свидетельствуют о высокой геосанитарной активности растений в отношении аэрозолей, в том числе и радиоактивных, соединений тяжелых металлов, органических загрязнителей, в уменьшении окисляемости атмосферного воздуха, в увеличении количества отрицательно заряженных легких ионов и т. п.

В связи с всевозрастающим разрушительным действием антропогенной деятельности на экосистемы и на здоровье населения большое значение приобретает **изоляционное озеленение**, функция которого состоит в предотвращении возможных последствий. Изоляционное озеленение оказывается действенной защитой против выбросов промыш-

ленных предприятий и транспорта, от микроклиматических флюктуаций, нежелательных температурных воздействий, чрезмерного освещения, в том числе и ультрафиолетового излучения, шума, ветра, влияния высокой ионизации, развеваемых земли и песка, вибрации. Важно, чтобы при изоляционном озеленении был достигнут разносторонний и комплексный эффект от многих повреждающих агентов.

Одним из вариантов профилактики заболеваний человека и животных является **профилактическое озеленение**. В связи с этим биоцидные, радиопротективные, антимутагенные и иные соединения растений, проявляющие превентивный эффект становятся все более гигиенически важными. Обоснование принципов и разработка методик использования растений, синтезирующих антимутагены для озеленения территорий с повышенным мутагенным эффектом, являются насущной научной и практической проблемой.

Профилактическое озеленение тесно связано со стратегией **фитотерапевтического озеленения**. Растения многих тысяч видов обладают фитотерапевтической ценностью. Сведения о физиологической активности у природных соединений, синтезируемых растениями, дают возможность создания зеленых насаждений для целенаправленного оздоровления при различных патологических процессах. В связи с зависимостью как патогенеза, так и эффективности лечения многих патологических явлений, возникающих у человека от свойственных ему биоритмов, большое значение имеет сезонная изменчивость метаболической активности растений. Наличие этой способности позволяет подбирать состав вегетирующих растений для фитотерапевтического озеленения с учетом отличий сезонов года.

Стратегия **рекреационного озеленения** положена в основу развития территорий для отдыха, так называемой рекреационной среды. Большое значение для повышения экологического комфорта такой среды имеет улучшение ее микроклимата, которому способствует научно обоснованный комплексный подход с учетом региональных особенностей.

Этот далеко не исчерпывающий перечень основных стратегий озеленения характеризует многообразие общественно полезных функций зеленых насаждений. С учетом этих стратегических подходов для успеха проведения озеленительных мероприятий необходима выработка единой концепции, комплексно учитывающей как научные, так и практические аспекты.

В настоящее время для формирования зеленого хозяйства городских территорий существует широкий арсенал разработанных подходов, нашедших свое воплощение как в различных регионах России, так и за рубежом. Их изучение и применение



в условиях конкретного региона позволяет успешно решать задачи обеспечения экологической устойчивости окружающей среды.

Расширяющиеся урбанизированные пространства требуют создания гибких моделей развивающегося пространства с возможностью обновления и дополнения парковых территорий. Повысить эффективность оздоровительных функций городской системы озеленения можно лишь при правильном определении оптимального количества зеленых насаждений разного назначения и их рациональном размещении.

В этом плане представляется перспективным устройство парков на береговых территориях, что непосредственно связано с тенденцией увеличения антропогенной нагрузки на участки берегового ландшафта. Наблюдается тенденция поэтапного превращения этих территорий в парковые, что несомненно приведет к стабилизации и экологическому равновесию в этих уязвимых зонах.

Значительные потенциальные возможности решения экологических проблем городов просматриваются в проектах озеленения крыш и вертикального озеленения.

**"Зеленые крыши"** получили распространение за рубежом уже давно и являются важным звеном в поддержании благоприятной окружающей среды. Разрабатываются и реализуются проекты по использованию площади крыш зданий с устройством на них настоящих садов с цветниками, фонтанами и аллеями. Использование колоссальных пространств кровли промышленных и общественных зданий с целью озеленения помогает решить проблемы не только экологического характера, но также более эффективного потребления энергии при одновременном повышении качества микроклимата помещений.

**Вертикальное озеленение** — это декорирование поверхности зданий, сооружений, подпорных стен и других элементов при помощи массы листвы вьющихся растений. Вертикальное озеленение с успехом применяется взамен дорогостоящих затеняющих устройств, жалюзи, тентов. Растения благодаря плотной листве защищают летом помещения от солнечных лучей, а зимой, сбросив листву, пропускают их.

Важным обстоятельством является также то, что зеленая масса листвы может поглощать до 26 % падающей на нее звуковой энергии, а 74 % этой энергии отражать и рассеивать. Таким образом, вертикальное озеленение стен зданий и сооружений является одним из эффективных средств в комплексе мероприятий по борьбе с шумом. Кроме того, листва вьющихся растений принимает на себя большое количество пыли, которая затем

смывается во время дождя. Укрывая листвою стены зданий и сооружений, вьющиеся растения предохраняют их от разрушительного действия осадков, а высасывая влагу из почвы, сохраняют от сырости.

Ценным является также то, что поднимаясь вверх и создавая обширные зеленые поверхности на зданиях и сооружениях, вьющиеся растения не требуют много места для посадки и могут применяться там, где нет возможности посадить деревья или кустарники.

Одним из основных вопросов, решение которых необходимо для успешного функционирования зеленого хозяйства, является выбор растений-озеленителей. Условно эти растения можно разделить на несколько категорий.

К первой, составляющей основу ассортимента, отнесены виды, которые могут широко использоваться в озеленении территории в целом, т. е. в садово-парковом строительстве, для озеленения улиц и жилых кварталов. Они определяют облик культурного ландшафта города и должны быть обеспечены маточным фондом для массового размножения в ассортименте промышленных питомников. Это в основном аборигенные лесообразующие виды и наиболее устойчивые экзоты.

Вторая категория растений объединяет экзоты и некоторые местные виды, которые по своим биологическим особенностям и прежде всего устойчивости к промышленным и транспортным эмиссиям, а также по декоративным качествам могут быть использованы для озеленения производственных территорий, т. е. для создания эффективных групп на газонах, одиночных посадок, а некоторые из них — для обсадки пешеходных и транспортных дорог. Эти растения определяют структуру промышленного комплекса, дополняют его архитектурный облик, уменьшают шум и т. д.

Третью категорию растений составляют в основном лесообразующие породы и кустарниковые формы, характеризующиеся высокой устойчивостью и поглотительной способностью по отношению к атмосферным загрязнителям различной природы, которые рекомендуются для создания "зеленого фильтра" в санитарно-защитных зонах, отделяющих жилые кварталы от промышленных объектов.

К четвертой категории растений отнесены редкие экзоты, способные по своим биологическим и экологическим параметрам произрастать в промышленных зонах. Массовое их использование не рекомендуется. Они могут единично быть использованы в садах, парках, внутриквартальном озеленении.

С экологической точки зрения в рамках создания концептуального подхода к обустройству любой

территории важным является решение следующих задач.

Необходимо осуществлять постоянное получение, анализ и использование достоверной информации о состоянии зеленых насаждений в процессе мониторинга. Следует отметить, что отсутствие своевременной и полной информации о состоянии насаждений, о результатах воздействия на них неблагоприятных факторов среды природного и антропогенного характера может привести к массовой гибели и утрате полезных качеств деревьев, кустарников, газонов. Система мониторинга состояния насаждений должна стать обязательной частью общего экологического мониторинга, иметь адаптивный характер, т. е. быть способной к постоянному развитию и совершенствованию с учетом меняющейся экологической ситуации.

Важным фактором в качественном и функциональном проведении озеленительных мероприятий является учет региональных особенностей, который заключается в грамотном подборе ассортимента растений, в соблюдении технологий ухода за ними, в своевременности работ по ремонту и реконструкции садово-паркового хозяйства и благоустроенных территорий.

Особое значение имеет также борьба с так называемой отрицательной селекцией растений, которая заключается в нарушении правил отбора деревьев и кустарников при пересадке с территорий, отведенных под промышленные и прочие объекты.

В целях улучшения экологической обстановки в районах с низкими показателями озелененных пространств, представляется рациональным обустройство в первую очередь нарушенных земель, неудобий, нуждающихся в рекультивации.

С учетом сохранения в пределах озелененных территорий максимального биологического разнообразия следует предусматривать их максимальную сохранность, создание микрозаповедников и т. п.

Необходимо усовершенствовать систему землепользования в городах и пригородных зонах, при которой одной из приоритетных целей будет увеличение площади и относительной доли озелененных и облесенных территорий. Это можно осуществить за счет резервных пустующих площадей, не подлежащих застройке в связи с неудобным рельефом или загрязнением территорий, расположенных вдоль пойм рек и ручьев, вдоль транспортных, железнодорожных, водных и энергетических магистралей, требующих рекультивации, в геопатогенных и геоактивных зонах. Целесообразно ввести в систему оценки земельного фонда города и в земельный кадастр экологическую составляющую, учитывающую долю озелененной площади земельных участков, качество и состояние лесов и зеле-

ных насаждений в районах города, и использовать ее как один из важных параметров качества среды, как меру ее комфортности.

Учитывая неравномерное распределение озелененных территорий в пределах занимаемых городами площадей, необходимо ужесточить контроль и запретить законодательно недопустимость изъятия озелененных территорий под застройку. При реконструкции микрорайонов со сформировавшимися и благополучными по своему состоянию декоративными насаждениями считать обязательным включение в экологическое обеспечение проектов реконструкции и новой застройки в качестве приоритетных целей их сохранение и последующее использование и всячески стимулировать выполнение этого условия проектными организациями и строителями.

При наличии или создании разделительных полос на крупных магистралях можно рассмотреть возможность использования для озеленения этих полос быстрорастущих и легковозобновляемых кустарников и почвопокровных и декоративных травянистых растений, в том числе, имеющих короткий цикл развития и хорошо переносящих обновление и обрезку, предварительно поручив подбор ассортимента и разработку технологии создания посадок и содержания растений специалистам.

Обеспечение сохранности, повышение устойчивости и экологической, и градостроительной значимости зеленых насаждений может быть достигнуто только в результате принятия обоснованных решений и выполнения комплекса разных по направленности эффективных мероприятий.

Озеленение имеет важнейшее значение и на сегодняшний день является одним из наиболее эффективных и практически доступных средств оптимизации окружающей среды. Поэтому комплексный, концептуальный подход при разработке и осуществлении мероприятий по формированию зеленого фонда необходим для реализации основных положений действующего Российского законодательства, согласно которому каждый гражданин имеет право на благоприятную окружающую среду. А одной из важнейших градостроительных задач при этом является установление гармоничного равновесия искусственной городской среды и природы, создания комфортных условий для проживания человека.

Поэтому, сегодня "сажая леса", мы с гордостью сможем сказать, что даем возможность будущим поколениям жить в комфортной, качественной и безопасной окружающей среде.

*Статья написана по материалам XI Международной научно-практической конференции "Проблемы озеленения крупных городов" (Москва, 2008 г.)*



УДК 574

**Л. М. Долгалева**, канд. биол. наук, доц.,  
Ботанический сад-институт ДВО РАН, г. Владивосток,  
**Е. И. Ефимова**, д-р пед. наук,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
E-mail:eei0509@yandex.ru

## К оценке экологического состояния прирусловых лесов вблизи сети автомобильных грунтовых дорог на юге Читинской области

*Приведены данные анализа структуры прирусловых лесов рек Кыринского района под влиянием антропогенных и климатических факторов методом вариационных рядов. Рассмотрен вклад различных прямых и косвенных факторов в изменение структуры лесов вблизи дорог.*

**Ключевые слова:** структура, пойменные леса, хозяйственная деятельность человека, климатические факторы, наводнение, половодье, статистический критерий.

**Dolgalyeva L. M., Efimova E. I.** *To an estimation of an ecological condition river's forest near to a network of automobile soil roads in the south of the Chita area*

*The analysis of structure river's forest of the rivers Kyrinskogo of area under influence of anthropogenous and climatic factors by a method of variational numbers is lead. The contribution of various direct and indirect factors to change of structure of woods is revealed is close dear.*

**Keywords:** structure, inundated woods, economic activities of the person, climatic factors, flooding, a high water, statistical criterion.

### Введение

Изучение влияния автотранспортных магистралей на растительность степных районов имеет особое значение как в плане незначительной изученности, так и значимости для сохранения экологической устойчивости развития региона. Читинская область относится к территориям с преобладанием степной зоны. Лесная растительность размещена, в основном, вдоль рек, по северным экспозициям невысоких гор и их шлейфам, в верховьях горных массивов. Прирусловые леса — особые ландшафтные комплексы. Располагаясь вдоль русел рек, рукавов, стариц и заводей, они имеют ступенчато-разновозрастную структуру.

Концентрация лесных сообществ вдоль русел степных рек имеет важное экологическое значение: регуляция водного режима, контролирование качества воды и регулирование течения водотока, сохранение видового разнообразия, стабилизация ландшафтов. Наибольшему воздействию эти леса подвергаются в степной и нижней лесной зонах, как наиболее пригодных для хозяйственной деятельности человека, что затрудняет выявление естественно-исторической структуры и разнообразия сообществ. Несмотря на длительную историю освоения реки Амур, прирусловые леса, и в особенности, их антропогенная нарушенность изучена довольно слабо, несмотря на оригинальную систему методов описания и моделирования хронологической структуры растительного покрова с помощью графов [1—7].

Предпринятая авторами попытка охарактеризовать экологическое состояние прирусловых лесов вблизи сети автомобильных грунтовых дорог на юге Читинской области имеет следующие основания:

1. Читинская область, обладая только автомобильным сообщением, активно развивается в последние годы, в том числе и в связи с расширением международных связей с приграничными районами Монголии, Китая. Это способствует как увеличению транспортного потока, так и развитию традиционной сельскохозяйственной и горнодобывающей отраслей региона, которые требуют новых транспортных сетей.

2. Традиционно дороги закладываются вдоль русел рек, по поймам, надпойменным террасам с параллельным основанием постоянных и временных поселений. Это влечет за собой образование множества удобных для населения грунтовых дорог, пробиваемых по целинной части степи, редколесью, кустарникам. Между тем, рекреационная устойчивость прирусловых сообществ весьма ограничена, зависит от множества природных и антропогенных факторов, которые осложняются общей тенденцией потепления климата, удлинением засушливого периода, изменением ландшафтов.

3. Юг региона (Кыринский район) находится на стыке типично степной и лесной зон, испытывающих влияние как монгольских суховеев, так и тихоокеанских муссонов [8—9]. Это позволяет оценить многочисленные изменения, происходящие в лесных экосистемах как основных гарантов стабилизации климата, сохранения экологически пригодной среды для проживания населения.

Цель представляемой работы — изучение экологического состояния прирусловых лесов вблизи сети автомобильных грунтовых дорог на юге Читинской области — определила ряд задач, включающих выбор методов и методик исследования, позволяющих определить изменения в лесных экосистемах, сравнение экосистем реперной территории с заповедными участками, анализ структуры ценозов на основе вариационных рядов и графических схем.

#### Методы и объем исследований

Исследования, проводившиеся в полевые сезоны 2004—2008 гг. на территории Сохондинского государственного биосферного заповедника (СГБЗ) и Кыринского района, охватывали исключительно прирусловые сообщества: бассейны рек Букукун, Дульдурга, Агуца, Агуцакан, Кыра и др. Основная работа состояла в сборе данных по составу, структуре, состоянию прирусловых экосистем южного Забайкалья, эталонную территорию которого представляет СГБЗ.

Основной метод исследования стационарно-маршрутный, с описанием наиболее характерных экосистем, закладкой постоянных и временных пробных площадей. Совершено около 20 пеших, конных и автомаршрутов протяженностью более 500 км на территории Кыринского района, Сохондинского заповедника, долин и котловин, верховий реки и ключей южной и юго-западной части Читинской области. Район исследований (на рис. 1 (см. 3-ю стр. обложки) обозначен замкнутой черной линией) включает особо охраняемую природную территорию — СГБЗ для сравнительного анализа антропогенной нагрузки территории с природными экосистемами.

Исследования проведены в рамках программы ДВО РАН "Комплексные исследования в бассейне р. Амур на период 2004—2007 гг.". Для мониторинга заложены пять постоянных пробных площадей на территории Кыринского района и четыре — в СГБЗ размерами 0,25 га по стандартной методике [6, 10—13] в различных типах лесных сообществ (рис. 2 — см. 3-ю стр. обложки) с пересчетом древостоя, оценкой состояния растительности. Время последнего пожара определялось по количеству линейных приростов у особей возобновления.

#### Физико-географическая характеристика района

Горный массив Сохондо занимает периферийную часть Хэнтей-Чикойского нагорья и протянут с юго-запада на северо-восток на 20 км. С запада к массиву примыкает Джермантай-Ингодинская депрессия. Отдельные горные вершины разделены глубокими ущельями с долинами рек, имеющих расширенные котловины.

Особенность горного массива Сохондо в том, что "в этом горном узле начинаются, реки, принадлежащие бассейнам разных океанов" [5] — Тихого и Северного Ледовитого. В горах реки узкие, чаще с подрусловым течением. Тип питания рек 4...5-го порядков дождевой, роль грунтовых вод незначительна. Часты паводки. Климат резко континентальный. Сухая и малоснежная зима со среднемесячными температурами минус 22...28 °С [14]. В холодные малоснежные зимы реки часто промерзают до дна, обычны наледи. Продолжительность снежного покрова около 130 дней при глубине от 70...100 см в кедровниках верхней полосы лесного пояса, до 5...15 см в смешанных лесах нижней полосы лесного пояса. По долинам рек сплошной снежный покров чаще не образуется.

Весна сухая, лето короткое, в июне случаются снегопады и заморозки. Вторая половина лета — с затяжными дождями, часто вызывающими паводки. Осень теплая и сухая. Между тем, первые заморозки случаются в начале сентября. Защищенная с запада горной грядой территория имеет отличительные климатические, орографические и экологические особенности, влияющие на ее почвенное и фитоценотическое многообразие.

Почвы долин рек разнообразны. Лугово-черноземные почвы образуются по поймам, котловинам, дерново-луговые на повышениях и гривках. Под лиственничниками на северных и восточных склонах формируются мерзлотно-таежные и горные мерзлотно-таежные лесные почвы, под светлохвойными или березовыми лесами обычны горные серые лесные почвы или горные подзолистые и дерново-подзолистые почвы.

К пойменной и прирусловой растительности принадлежат все типы растительности, произрастающие в долинах и на бортах берегов рек и формирующиеся под большим или меньшим влиянием гидрологического режима рек и ключей.

#### Характеристика и экологическое состояние прирусловых лесов вблизи сети автомобильных грунтовых дорог на юге Читинской области

Пойма определяется как часть долины, которая ежегодно заливается водами реки и в пределах которой наблюдаются процессы седиментации (от-



ложение речных наносов). Факторы воздействия паводковых вод имеют решающее значение для формирования сообщества или сукцессии, происходящей в результате размыва рекой активной части долины.

Прирусловая пойма, прилегающая к самому руслу реки, различается по высоте наносного материала (высота берега) на высокую и низкую по характеру произрастающей растительности, поскольку признаки, присущие гидрологическому режиму, остались не выясненными. В пределах низкой прирусловой поймы преобладает растительность, сформированная ивовыми лесами, на высокой пойме — тополевыми, березовыми, лиственничными и сосновыми лесами.

Характер экологических нарушений зависит от частоты воздействий на экосистемы. Вблизи крупных магистралей (дорог 1-го порядка) воздействие считается наиболее сильным, ветки дорог 2, 3, *n*-го порядка обслуживают меньшие потоки. Ниже приведена характеристика лесных экосистем вблизи грунтовых дорог 3...4-го порядков, оцененных как антропогенные леса, анализ экологической структуры, адаптированной к дорожной сети.

*Топольники и ивовые леса.* Все эти формации по своим фитоценологическим параметрам близки друг другу, так как эдификаторы их экологически близки и формируются они под воздействием однотипных биотопических факторов среды. Как правило, их ассоциации в большинстве случаев экологически замещают друг друга в различных геоморфологических частях долин и образуют параллельные эколого-замещающие ряды ассоциаций прирусловой поймы. Поскольку ива и тополь принадлежат к быстрорастущим гелиофитам, они формируют динамичные ассоциации, быстро меняющие с возрастом древостоя структуру, являясь начальными звеньями генетических рядов. На первой стадии — это обычно густые, одноярусные и почти одновидовые древостои на молодых галечных аллювиях реки или ключа. По мере роста и развития древостоя они превращаются в процессе эволюции террас поймы и перехода участка из прирусловой в притеррасную пойму в сложные многоярусные и многовидовые ассоциации, сменяющиеся другими ценозами. В большинстве случаев ассоциации этих пород сменяются долинными светлохвойными лесами — сосняками для топольников высокой террасы, тополево-лиственничными для топольников и ивовых рощ.

Постоянная пробная площадь ПП-5 заложена на реке Кыра на галечной пойме. В срединной части берега старица образует небольшую террасу, разделяющую участок на две части: ивняковую с повышенным увлажнением, примыкающую к береговой части, и тополево-ивовую с лиственницей с обильным подростом из свидины. Подрост отсут-

ствует, преобладает порослевое возобновление. Высота древостоя 6...7 м. Средняя окружность ствола ивы росистой 150 мм. Древостой густой, расстояние между деревьями не более 0,5 м с обильным сухостоем. Кустарниковый ярус негустой в прирусловой части и до сплошного в 15 м от берега из свидины, шиповника, курильского чая, смородины, боярышника. Общее проективное покрытие 20 %.

Травянистый покров редкий, не более 5 %, из-за недостатка света. Лес расположен в 3 м от грунтовой дороги 3-го порядка, хорошо пробитой. Плотность дорожной сети 20 %, близость основной трассы — 800 м. Типы оказываемых воздействий: заготовка дров, пожары, уплотнение грунта транспортом (случайные места парковки, увеличение колеиной сети), сброс горючего. Лес представляет очередную послепожарную сукцессионную стадию с активным пневым возобновлением ивы росистой. Структура ценозов в таком лесу имеет s-образную конфигурацию (рис. 3), с четким изгибом в диапазоне крупных особей и покатой кривой — мелких. Это свидетельствует о недостатке подроста, обеспечивающего возобновление древостоя, стабильность структуры сообщества в ивовом лесу.

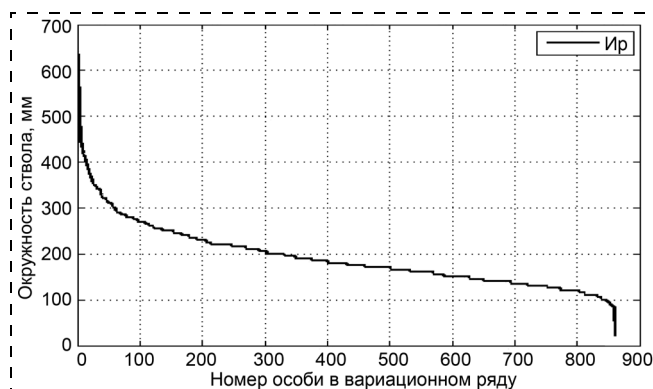


Рис. 3. Вариационный ряд живой ивы росистой на пробной площади по реке Кыра в 2007 г.

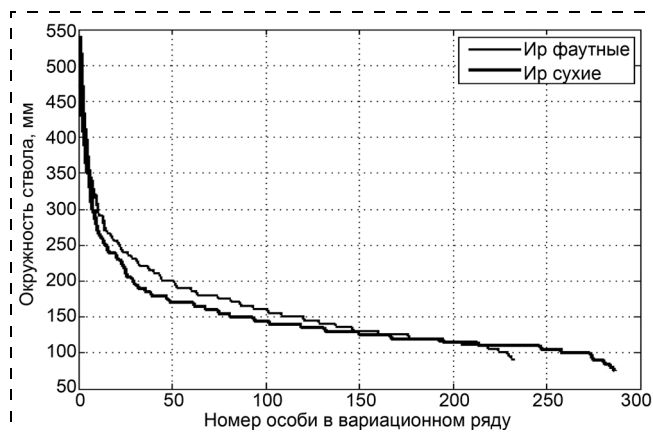


Рис. 4. Вариационный ряд фаутной и сухой ивы росистой на пробной площади ПП-4 по реке Кыра в 2007 г.

Структура фауных (поврежденных) и сухих ив показывает почти полную комплиментарность фауных и сухих особей с живыми на той же пробной площади ПП-4 (рис. 4). Это свидетельствует о том, что гибель молодых тонкомерных деревьев обеспечивается утолщением и выживанием толстых особей. Происходит так называемое изреживание древостоя.

Большая плотность лесного сообщества за счет тонкомерного древостоя позволяет переживать популяции регулярные сукцессии то природного (наводнения), то антропогенного (пожары, уплотнение грунта, заломы транспортом) характера. Таким образом, сукцессия никогда не достигает своего развития, возвращаясь к возобновлению ивы на пнях. В условиях режима заповедника сукцессия завершается сменой ивняков, играющих роль накопителя органического вещества тополевыми или лиственничными лесами.

**Топольевые леса.** Пробная площадь ПП-1 расположена в окрестностях с. Кыры, ниже по течению реки Кыра, на первой надпойменной террасе. Это — кустарниково-разнотравный топольевый лес с ивой росистой и березой на высокой надпойменной террасе, с подростом из березы плосколистной. Кустарники покрывают 70...85 % участка, заросшего черемухой, разными видами шиповника, свиной, яблоней. Заметны следы неоднократных пожаров: опалины на стволах тополя, сухостой черемухи, яблони и подростка березы, и как следствие — обильное порослевое возобновление яблони и черемухи. Валеж слабо выражен (наиболее вероятно, что он выносятся работниками близлежащей фермы).

Лес расположен в 1 м от грунтовой дороги 4-го порядка, хорошо пробитой, многоколейной. Плотность дорожной сети 30 %, близость основной трассы 5 км. Типы оказываемых воздействий: заготовка дров, уплотнение грунта транспортом (случайные места парковки, увеличение колеиной сети), тракторная трелевка дров. Лес перестойный из старых тополей, однотипных кустарниковых зарослей послепожарного ряда — яблони, черемухи, боярышника.

Экологическую структуру сообщества отличает короткий вариационный ряд (40 особей доминантов на 2500 м<sup>2</sup>), выпуклая кривая, отражающая утрату позиций тополя, отсутствие тонких особей для возобновления популяции (рис. 5). Пересечение кривых сухих и живых тополей показывает быструю гибель как крупных особей, так и подростка, не восполняемого популяцией. Все это говорит в пользу вялотекущей сукцессии, спровоцированной неконтролируемой дорожной сетью. Со временем после выпадения основной породы, экосистема сменится упрощенными кустарниковыми черемухи и яблонь.

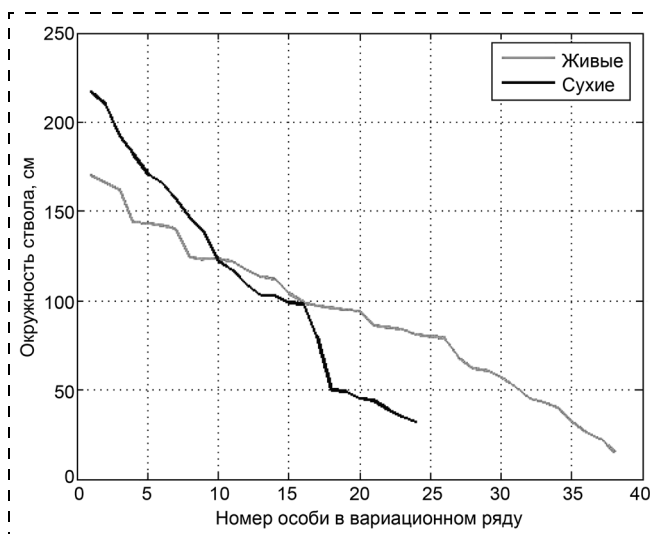


Рис. 5. Вариационный ряд живого и сухого тополя душистого на пробной площади ПП-1 по реке Кыра в 2004 г.

**Сосновые и лиственничные леса.** Сеть грунтовых дорог Кыринского района (по карте автомобильных дорог) отличается высокая плотность. Основная часть дорог сосредоточена вдоль крупных и средних рек, озер. Магистраль асфальтового покрытия относят к дорогам 1-го порядка, от которых отходит сеть грунтовых дорог 2, 3 и 4-го порядков. Плотность дорог южной части Читинской области на карте составляет 10 м дорожного полотна при ширине 2 м на 1 км<sup>2</sup> площади. Реальный подсчет плотности показал, что плотность самовольно проложенных грунтовых путей вблизи водных источников достигает 40 % от площади территории. Находясь в области повышенной сухости, район испытывает недостаток в обеспечении водой. Большинство дорог пролегает к источнику воды питьевого и хозяйственного назначения — ключам, родникам, озерам, рекам. Очевидно, что при этом прирусловые леса будут испытывать сильнейшие антропогенный стресс, приводящий к искусственной деградации экосистем. Основными прямыми и косвенными факторами воздействия дорожной сети можно считать следующие: уплотнение почвенного слоя в местах прокладки новой колеи; прямое уничтожение (заломы, приминание) кустарникового покрова, увеличение числа пожаров в пойме, и как следствие, сокращение всходов и подростка вида-доминанта, ксерофитизация прирусловой поймы, сокращение пойменных видов растений за счет увеличения степных и синантропных, неполный сукцессионный цикл (ценоз постоянно возвращается на начальную стадию, не завершив развития).

Поскольку в условиях степного пояса леса образуют сосново-лиственничники и лиственнично-сосняки, рассмотрим структуру последнего в пойме реки



Кыра. Расположение в 1 км от грунтовой дороги 4-го порядка оказывает не столь значительное влияние на состояние и структуру древостоя. Плотность дорожной сети 10 %, близость основной трассы — 3 км. Типы оказываемых воздействий: заготовка дров, уплотнение грунта транспортом. Пробная площадь ПП-3 заложена в 5 км выше по течению реки Кыра, недалеко от фермы, на островном участке поймы. Лиственнично-сосновый лес в пойме отличается разнопородный древостой: 50 % сосны, 40 % — лиственницы, 10 % — тополя. Лес состоит из деревьев высотой 24 м. Кустарники занимают 5...10 % площади и состоят из шиповника, яблони, черемухи. Травянистый покров располагается участками, перемежается моховыми пятнами, на сухих участках трава растет сплошным ковром. Заметны следы пожаров: опалины на стволах сосны, сухой лиственницы и валеж березы. Срубленные хлысты сосны и лиственницы из 1-го яруса составляют не более 5 %.

Структура леса, выраженная вариационными рядами (совокупностями величин, расположенных в порядке их возрастания или убывания) доминантов, имеет тенденцию к сокращению вариационных рядов как лиственницы, так и сосны. Вариационная кривая (трафик функции эмпирического распределения) сосны выпуклая, что указывает на преобладание позиций тополя, отсутствие тонких особей для возобновления популяции (рис. 6).

Для агрессивных лесных биоценозов характерна правая асимметрия кривой частотного распределения, когда модальное значение сдвинуто в сторону тонких деревьев. Для отмирающих — характерны частотные кривые с левосторонней асимметрией,

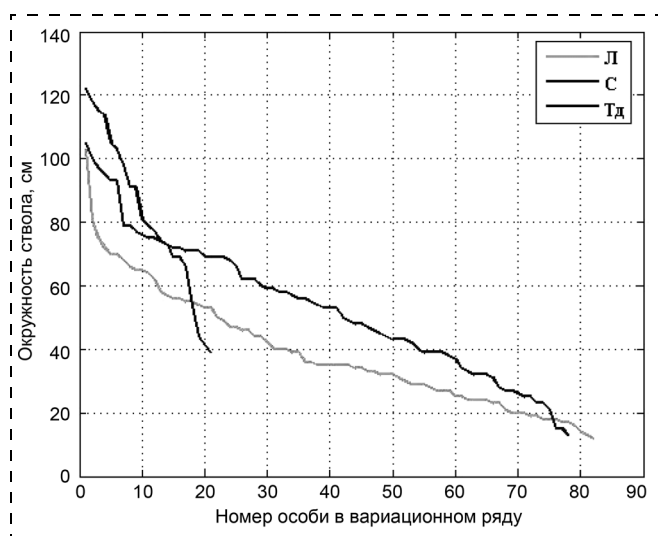


Рис. 6. Вариационный ряд живых лиственницы (Л), сосны (С) и тополя душистого (Тд) на пробной площади ПП-3 по реке Кыра в 2004 г.

когда модальные значения, напротив, сдвинуты в сторону самых толстых деревьев. Деформированные кривые частотных распределений лиственницы и сосны говорят о том, что их древостой по толщине неоднороден и в нем имеются дискретно отличающиеся друг от друга группы деревьев.

При деформациях частотных кривых показательно, что пополнение древостоя из подроста в этом сообществе происходит дискретно. Очевидно, что между сосной и лиственницей идет жесткая конкуренция как межвидовая, так и внутри популяции. Вырвавшись в более высокий ярус, дерево прибавляет в росте и быстро догоняет по толщине особи этого яруса. Популяция тополя, имея короткую деформированную кривую на уровне больших толщин, деградирует, отмирает, замещаясь более адаптированными к условиям среды хвойными.

*Березовые леса.* Такие сообщества формируются на высоких надпойменных террасах, вышедших на продолжительный период из пойменного режима в результате изменения русла реки или под действием периодических пожаров, наблюдавшихся в местах хозяйственного освоения — покосов, рекреации, переправ, выпаса скота. В СГБЗ такие пожары возникают от сухих гроз. Береговые леса распространены преимущественно в степной зоне. Сообщества представлены березой плосколистной, а также тополем и осиной. Формируются березовые леса на месте осиновых, сосновых, лиственничных лесов, которые в результате естественных или антропогенных факторов утратили свои лидирующие позиции.

Пробная площадь ПП-4 расположена в 20 км выше по течению реки Кыра, на террасе 3...5 м с высотой над уровнем моря 935 м. По срединной линии пробной площади имеется понижение, протянутое вдоль русла реки с повышенным увлажнением. Участок образован скальными породами, гнейсовыми глыбами. Лес на 90 % состоит из березы и на 10 % — из лиственницы. Высота деревьев 7...10 м. Подрост из молодых берез и осины. Подлесок густой, обильный (80...85 %). Травянистый покров сплошной, густой, разнотравный.

Лес представляет сукцессионную стадию с активным возобновлением березы. Заметны следы небольшого пожара, набита тропа, вдоль которой заметны степные виды трав: овсяница овечья, дендронтема, очиток. Лес находится в 500 м от переправы. Вогнутая вариационная кривая березы плосколистной (БП) почти симметрична (рис. 7), с небольшим повышением в средней части, показывающим изрежение древостоя за счет образования троп, мотоциклетной колеи, костровищ.

Короткая деформированная линия осины показывает на "уходящую" популяцию, сменившуюся



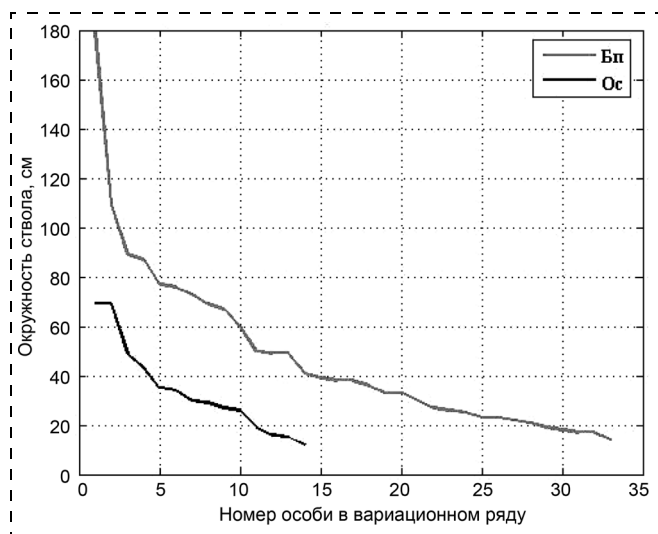


Рис. 7. Вариационный ряд живых березы (Бп) и осины (Ос) на пробной площади ПП-4 по реке Кыра в 2004 г.

березовой. Небольшое количество особей березы указывает на недолговечность ценоза, который под действием естественных факторов, усиливаемых антропогенными, сменится скорее перманентным сообществом кустарниковых черемухи, яблони, боярышника.

### Выводы

Установлено, что основными прямыми и косвенными факторами воздействия дорожной сети на прирусловые леса являются: уплотнение почвенного слоя в местах прокладки новой колеи; прямое уничтожение (заломы, приминания) кустарникового покрова, увеличение числа пожаров в пойме, и как следствие, сокращение всходов и подроста вида-доминанта, ксерофитизация прирусловой поймы, сокращение пойменных видов за счет увеличения степных и синантропных, неполный сукцессионный цикл (ценоз постоянно возвращается на начальную стадию, не завершив развития).

Численно популяции испытывают стресс от воздействия дорожной сети грунтовых дорог. При этом влияние на структуру лесов различно в зависимости от типа ассоциации. Ивовые леса увеличивают количество тонкомерных особей за счет порослевого развития и упрощенной сукцессии (ивняк—развитие—пожар—возобновление ивы). Топольевые и березовые леса испытывают деградацию за счет сокращения подроста и укорочения вариационной кривой доминанта в результате выпадения перестойных деревьев и разрастание кустарникового яруса из яблони, боярышника, черемухи. При этом массовая гибель особей в ценопопуляции березы был более интенсивный, чем в ценопопуляции ли-

ственницы. Лиственничные и сосновые леса испытывают небольшое воздействие. Очевидно, при пожарах эти сообщества сменяются на осиновые и березовые.

Мы считаем, что топольевые леса в зоне интенсивной дорожной сети дорог 3...4-го порядков испытывают больший антропогенный пресс, чем у основных магистралей, что обусловлено близостью сельских поселений, популярных для отдыха горожан, привлекательностью для рыболовного и сельского туризма берегов рек, доступностью лесостепных районов для прокладки новых проселочных дорог. При отсутствии четкой системы охраны прирусловых лесов в лесостепных районах Забайкалья в будущем резко сократятся площади топольевых лесов, которые заместятся па менее продуктивные кустарниковые заросли из черемухи и яблони.

### Список литературы

1. Галанин А. В. Эколого-ценотическая информативность видов и измерение флористического сходства растительных сообществ // Флористические критерии при классификации растительности. — Уфа: Башк. филиал АН СССР, 1981. — С. 42—44.
2. Галанин А. В. Опыт сопряженного анализа типологических структур конкретных флор // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики. — Л.: Наука, 1987.
3. Галанин А. В. Флора и ландшафтно-экологическая структура растительного покрова. — Владивосток: ДВО АН СССР, 1991. — 301 с.
4. Метод графов в экологии. — Владивосток: ДВО АН СССР, 1989.
5. Галанин А. В., Беликович А. В. Изменения в растительном покрове Сохондинского заповедника по результатам ревизии геоботанических пробных площадей (1983—2001) / Растительный и животный мир Сохондинского биосферного заповедника. — Чита-Владивосток: БПИ ДВО РАН, БСИ ДВО РАН, СГБЗ, 2002. — С. 14—33.
6. Галанин А. В., Беликович А. В. Постоянные геоботанические пробные площади Сохондинского биосферного заповедника. — Чита: Поиск, 2004. — 228 с.
7. Беликович А. В., Галанин А. В. Даурия как подобласть Манчжурской ботанико-географической области // Комаровские чтения. — Владивосток: Дальнаука, 2006. — Вып. 53. — С. 9—31.
8. Береснева И. А. Климаты аридной зоны Азии. — М.: Наука, 2006. — 287 с.
9. Виппер П. Б. Взаимоотношения леса и степи в горных условиях Юго-Западного Забайкалья // Ботан. журн. — 1968. — Т. 53. — № 4. — С. 491—504.
10. Шенников А. П. Общие замечания к методике маршрутного геоботанического исследования / Методика полевых геоботанических исследований. — М.: изд-во Академии наук СССР. 1938. — С. 3—26.
11. Соколов С. Я. Методика геоботанического исследования лесов. С. 59—86 / Методика полевых геоботанических исследований. — М.: изд-во Академии наук СССР, 1938.
12. Корчагин А. А. Строение растительных сообществ // Полевая геоботаника, V. — Л.: Наука, 1976. — 320 с.
13. Методы изучения лесных сообществ. — СПб.: НИИХи-мии СПбГУ, 2002. — 240 с.
14. Обязов В. А. Пространственно-временная изменчивость атмосферных осадков в юго-восточном Забайкалье // Известия РГО. — 1996. — Вып. 2. — С. 73—80.

УДК 658.382

**Е. Л. Рыжова**, канд. техн. наук,  
 Великолукский филиал Петербургского государственного университета путей сообщения,  
**Г. К. Зальцман**, канд. техн. наук, проф.,  
 Петербургский государственный университет путей сообщения  
 E-mail: [rgupsobs@rambler.ru](mailto:rgupsobs@rambler.ru)

## Методика определения надежности системы обучения охране труда с использованием тренажера-имитатора

*Представлена методика оценки надежности обучения охране труда работников железнодорожного транспорта, выполняющих служебные обязанности в условиях повышенной опасности. Показано, что достаточные для практики результаты оценки обученности работающих могут быть получены способом параллельного коррелирования.*

**Ключевые слова:** система обучения, надежность, работа с повышенной опасностью, метод определения надежности, коэффициент корреляции, качество обучения.

**Ryzhova E. L., Salzman G. K. Method of definition of reliability of system of labour safety instruction using training simulator**

*The article deals with the method of evaluation of reliability of labour safety instruction of railway workers, working in the conditions of high danger. The article shows, that the evaluation results sufficient for practical use can be received by the method of parallel correlation.*

**Keywords:** instruction system, reliability, work in the conditions of high danger, method of evaluation of reliability, correlation coefficient, quality of instruction.

Система обучения охране труда железнодорожников с использованием разработанного на кафедре "Техносферная и экологическая безопасность" компьютерного тренажера-имитатора должна иметь оценку надежности, что является весьма важной задачей для обеспечения безопасности труда.

Качество продукта образования — многофакторная переменная, не имеющая общепризнанной процедуры и физической единицы измерения [1]. Проектировщики образовательных стандартов, образовательных программ и учебных планов используют для формализованного описания качества образования наименования учебных дисциплин и время учебного труда для усвоения обучаемым

каждой из них. Производители продукции образования (вузы) оценивают качество знаний подготовленного ими специалиста с помощью различных пяти-, десяти-, двенадцати- и даже ступенчатых шкал и оценок. Применение любой шкалы позволяет получить числовую оценку степени усвоения дидактического элемента, но не способности выпускника удовлетворять запросы потребителей.

По мнению авторов, достаточным оценочным показателем качества созданного компьютерного комплекса для обучения охране труда при выполнении работ с повышенными требованиями безопасности труда может быть его надежность. Критерием оценки качества тестов посвящена работа [2], где выделены два главных взаимосвязанных критерия — надежность и валидность тестов. Эти критерии рассматриваются как специально-вспомогательные социологические категории, охватывающие широкий спектр философских и статистических понятий и включающие в себя компоненты метрологии, а также теории измерения в общественных науках — социологии, психологии, педагогике и др. [3], [4]. Разработанные [2] способы определения надежности тестов положены в основу разработанной оценки надежности системы обучения безопасного выполнения технологических процессов.

Одним из наиболее приемлемых и доступных из них является способ параллельного коррелирования. Этот метод определения надежности применяется при наличии двух параллельных форм проверки обученности работников — респондентов. Одной и той же группе респондентов дается вначале одна форма проверки знаний по охране труда — на компьютерном тренажере-имитаторе, затем другая — повтор тех же операций технологического процесса непосредственно в производственной среде — на рабочем месте. Из ряда железнодорожных профессий, где последовательность выполнения операций технологического процесса



**Расчет коэффициента надежности системы обучения**

| Респондент | Количество правильно выполненных операций техпроцесса |                                 | $\sum_{j=1}^2 X_j$ | $\sum_{j=1}^2 X_j^2$ | $E$ | $E^2$ |
|------------|---|---------------------------------|--------------------|----------------------|-----|-------|
|            | на тренажере $X_T (X_1)$                              | на рабочем месте $X_{PM} (X_2)$ |                    |                      |     |       |
| 1          | 17  | 18                              | 35                 | 1225                 | -1  | 1     |
| 2          | 13  | 11                              | 24                 | 576                  | 2   | 4     |
| 3          | 15  | 15                              | 30                 | 900                  | 0   | 0     |
| 4          | 16  | 13                              | 29                 | 841                  | 3   | 9     |
| 5          | 13  | 12                              | 25                 | 625                  | 1   | 1     |
| $\Sigma j$ | 74  | 69                              | 143                | 4167                 | 5   | 15    |

играет решающую роль в обеспечении безопасности самого работника, была выбрана профессия слесаря по ремонту подвижного состава. В качестве примера был взят технологический процесс разборки тормозного цилиндра грузового вагона, состоящий из 19 операций. Корреляция баллов, полученных респондентами (обучаемыми) при выполнении операций технологического процесса по ремонту тормозного цилиндра грузового вагона при обеих формах проверки знаний дает величину коэффициента корреляции, которая и принимается за значение коэффициента надежности или коэффициента эквивалентности.

В таблице представлены результаты проверки правильности выполнения операций технологического процесса пяти ( $N=5$ ) респондентов. Элементы этой таблицы представляют собой количество верно выполненных операций технологического процесса  $i$ -м респондентом в  $j$ -й форме проверки (на тренажере и на рабочем месте) выполнения работ.

В столбцах  $\Sigma X_j$  и  $\Sigma X_j^2$  приведены соответственно суммы количества правильно выполненных операций респондентами в обоих случаях (на тренажере и на рабочем месте) и квадраты этих сумм, необходимые для дальнейших расчетов, в столбцах  $E$  и  $E^2$  — вектор погрешности или вектор ошибочных компонентов измерения и квадрат этой величины [2].

Как видно из таблицы, результаты первой (на тренажере) и второй (на рабочем месте) проверок правильности выполнения операций технологического процесса полностью совпадают только в одном случае, но в целом картина существенно не меняется: те, которые имели высокие показатели в первом случае, получили примерно такие же результаты во втором, что указывает на воспроизводимость, устойчивость, стабильность результатов, а следовательно, на определенную надежность разработанной системы обучения безопасного выполнения работ.

Найдем последовательно значения сумм произведений (обозначим как  $SP$ ) количества правильно выполненных операций респондентами ( $X$ ), сумм квадратов отклонений от средних арифметических ( $SS$ ) и коэффициента корреляции  $r$ :

$$r_{X_1 X_2} = \frac{SP_{X_1 X_2}}{\sqrt{SS_{X_1} \cdot SS_{X_2}}}; \quad (1)$$

$$SP_{X_1 X_2} = \Sigma(X_1 \cdot X_2) - \frac{\Sigma X_1 \cdot \Sigma X_2}{N}, \quad (2)$$

где  $N$  — число респондентов;

$$SS_{X_1} = S(X_1)^2 - \frac{(\Sigma X_1)^2}{N}; \quad (3)$$

$$SS_{X_2} = \Sigma(X_2)^2 - \frac{(\Sigma X_2)^2}{N}. \quad (4)$$

Подставляя в эти формулы численные значения величин из таблицы, получим следующие результаты:

$$SP_{X_1 X_2} = ((17 \cdot 18) + (13 \cdot 11) + (15 \cdot 15) + (16 \cdot 13) + (13 \cdot 12)) - \frac{74 \cdot 69}{5} = 1038 - \frac{5106}{5} = 16,8.$$

$$SS_{X_1} = (17^2 + 13^2 + 15^2 + 16^2 + 13^2) - \frac{74^2}{5} = 1108 - \frac{5476}{5} = 12,8.$$

$$SS_{X_2} = (18^2 + 11^2 + 15^2 + 13^2 + 12^2) - \frac{69^2}{5} = 983 - \frac{4761}{5} = 30,8.$$



Расчет классического коэффициента корреляции (который в данном случае можно рассматривать как коэффициент надежности) дает следующие результаты:

$$r_{X_1 X_2} = \frac{16,8}{\sqrt{12,8 \cdot 30,8}} = 0,846.$$

Рассмотрим еще один способ практического определения надежности созданной системы обучения охране труда при выполнении работ с повышенными требованиями безопасности, заключающийся в оценке внутренней состоятельности используемой системы обучения по формуле Ф. Руллона [2]:

$$r = 1 - \frac{S_e^2}{S_X^2}. \quad (5)$$

Если еще раз обратимся к данным таблицы и вычтем из суммы количества правильно выполненных операций на тренажере сумму количества правильно выполненных операций на рабочем месте, получим значения, представленные в столбце  $E$ . В последнем столбце этой таблицы значения  $E$  возведены в квадрат. Найдем дисперсию  $E$

$$S_e^2 = \frac{SS_e}{N-1} = \frac{10}{5-1} = 2,5; \quad (6)$$

$$SS_e = \Sigma(E)^2 - \frac{(\Sigma E)^2}{N} = 15 - \frac{5^2}{5} = 10. \quad (7)$$

Именно значение  $S_e^2$  рассматривается в качестве дисперсии ошибочных компонентов измерения. Дисперсия результатов по всей проверке правильности выполнения операций технологического процесса в целом  $S_X^2$  находится по формуле:

$$S_X^2 = \frac{SS_X}{N-1} = \frac{77,2}{5-1} = 19,3; \quad (8)$$

$$SS_X = \Sigma(X)^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N} = 4167 - \frac{143^2}{5} = 77,2. \quad (9)$$

Подставляя полученные значения  $S_e^2$  и  $S_X^2$  в формулу (5), получим еще одну оценку коэффициента корреляции системы обучения охране труда:

$$r = 1 - \frac{S_e^2}{S_X^2} = 1 - \frac{2,5}{19,3} = 0,870. \quad (10)$$

Как видно, различные методы оценки надежности разработанной системы обеспечения безопасности труда (компьютерного тренажера-имитатора) [5] дают сходные результаты, что является лучшим подтверждением правильности полученных исходных данных и пригодности метода для оценки знаний обучаемых.

Поскольку величина коэффициента надежности может принимать только положительные значения от нуля до единицы, то полученные значения  $r$ , равные 0,846 и 0,870, представляют собой хорошие показатели и указывают на вполне приемлемую надежность созданной системы обучения охране труда при выполнении работ с повышенными требованиями безопасности.

Таким образом, разработанная методика определения надежности системы обучения охране труда с использованием тренажера-имитатора позволяет оценить созданный компьютерный учебный комплекс с точки зрения качества обучения железнодорожников безопасным приемам труда. Исследования показали, что разработанная система обучения достаточно надежна.

#### Список литературы

1. **Каракулев А. В.** Научно-методологические основы управления качеством продукции высшего профессионального образования на стадии проектирования. — СПб: Петербургский государственный университет путей сообщения, 2004. — 130 с.
2. **Аванесов В. С.** Тесты в социологическом исследовании. — М.: Наука, 1982. — 148 с.
3. **Мюллер Д., Шусслер К.** Статистические методы в социологии. Пер. с англ. // Инф. бюл. ИКСИ. — 1968. — № 10/12. — С. 31–34.
4. **Глас Дж., Стэнли Дж.** Статистические методы в педагогике и психологии. Пер. с англ. — М.: Прогресс, 1976. — 151 с.
5. **Зальцман Г. К., Пронин А. П., Рыжова Е. Л.** Использование компьютерного тренажера для освоения навыков безопасной работы при выполнении работ с повышенными требованиями безопасности труда на железнодорожном транспорте // Материалы научного и учебно-методического семинара "Проблемы преподавания безопасности". — СПб.: РГПУ, 2005. — С. 93.

УДК 658.382

**О. И. Тихомиров**, канд. техн. наук, доц.,  
Петербургский государственный университет путей сообщения  
E-mail: tihomirov@etelecom.spb.ru

## **Повышение эффективности обучения вопросам безопасности труда на основе мультимедийных технологий**

*Рассмотрены особенности создания и использования мультимедийных программ для обучения работников предприятий вопросам безопасности труда. Разработанные в ПГУПС обучающие системы для различных профессий и видов работ содержат порядка 8000 рисунков, фотографий, схем, а также видеофильмы и трехмерную графику. Программы оказались востребованными и получили широкое распространение на многих предприятиях России. Авторы надеются, что это приведет к повышению эффективности обучения и, в конечном счете, к снижению производственного травматизма.*

**Ключевые слова:** безопасность и охрана труда, обучение, мультимедийные технологии, производственный травматизм.

**Tihomirov O. I. Perfection of labor safety training with the help of multimedia technologies**

*This article deals with information about organization of training for labor safety with multimedia. At present moment the educational systems for various professions and works have been developed by authors. The systems contain about 8000 images, schemas, videos and 3D-graphics. Computer-based training are widely used by Russian enterprises. Authors hope, that this will decrease the number of industrial injuries.*

**Keywords:** labor safety, training, multimedia technologies, industrial injuries.

### **Введение**

Давно прошли те времена, когда был популярен лозунг: "От техники безопасности — к безопасной технике", который подразумевал, что создание безопасной техники позволит решить проблему производственного травматизма. Сейчас практически всем ясно, что, во-первых, создание абсолютно безопасной техники и технологии невозможно в принципе, а во-вторых, такая постановка вопроса не учитывает так называемый человеческий фактор.

Основной причиной несчастных случаев на производстве являются неправильные действия человека (ошибки и нарушения). Чаще всего нарушения совершают сами пострадавшие. Результаты ряда исследований говорят о том, что как минимум 90 % несчастных случаев связано с человеческим фактором. Поэтому одни только технические и организационные мероприятия не могут полностью решить задачу снижения травматизма. Необходимо целенаправленное воздействие на самих работающих, причем не только с целью повышения их уровня знаний по охране труда, но и для того, чтобы изменить их поведение и отношение к вопросам безопасности.

Традиционная форма обучения, включая инструктажи, зачастую, навевает скуку. Причем, трудно винить в этом инженера по охране труда или других лиц, проводящих обучение, поскольку слишком много сил и времени надо потратить на организацию таких занятий. Имеется объективная необходимость совершенствования технологии обучения охране труда.

### **Анализ и оценка возможностей компьютерных технологий обучения вопросам безопасности**

В автоматизированных обучающих системах возможно использование компьютерных учебных программ различных типов: контролирующих, справочных (информационно-поисковых), тренажеров-имитаторов и др. [1].

Например, в ПГУПС была разработана и используется учебная компьютерная программа "Анализ травматизма". Программа включает в себя базу реальных данных по несчастным случаям на Октябрьской железной дороге за несколько лет. Запись по каждому случаю содержит исчерпывающую информацию: дату и время происшествия, фамилию, возраст, профессию, стаж работы и состояние пострадавшего; указания об оборудовании и технологическом процессе, который выполнял пострадавший; причину несчастного случая и место происшествия; медицинский диагноз, сумму выплат, описание обстоятельств несчастных случаев и другие данные (всего учтено более 40 факторов).



На учебном занятии обучающимся (это могут быть как работники предприятия, так и студенты учебных заведений) ставится задача с помощью программы изучить состояние производственного травматизма на определенных (аналогичных) предприятиях (подразделениях) или на рабочих местах соответствующей профессии (сварщика, аккумуляторщика, электромонтера и др.). Обучающиеся должны установить типичные обстоятельства несчастных случаев, выявить основные причины травматизма, определить в каких местах чаще всего происходят несчастные случаи, какое оборудование и производственные процессы являются наиболее травмоопасными, установить, как влияет на травматизм стаж работы пострадавшего, время суток или от начала смены, а также другие факторы.

Полученные в процессе самостоятельного анализа знания (программа выполняет только сортировку, фильтрацию и группировку информации), позволяют работнику избежать повторения чужих ошибок и учиться не на своем, а на чужом печальном опыте.

Резко увеличить качество обучения, оказывая совокупное воздействие на работника (не только информационное, но и эмоциональное), можно путем использования мультимедийных технологий обучения.

Во многом преимущества компьютерных технологий обучения связаны с тем, что пропускная способность зрительного анализатора, с помощью которого человек получает информацию от компьютера, значительно выше, чем пропускная способность, например, слухового анализатора. Не случайно инженерная психология утверждает, что 80...90 % информации человек получает с помощью зрения, а в старой поговорке говорится, что "лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать".

В случае получения информации в виде изображений "включается" правое полушарие головного мозга, которое отвечает за формирование образного мышления, а это способствует переводу информации на уровень подсознания. Информация в виде изображения воспринимается от целого к частному, а не наоборот, как, например, при восприятии текстов.

При использовании компьютера появляется возможность индивидуализации обучения, так как каждый человек может работать в своем темпе в соответствии со своим темпераментом и способностями. При необходимости можно задержаться на изучении какого-либо вопроса, вернуться к уже пройденному материалу. Практически человек сам управляет процессом своего же обучения. Повышается активность обучаемого работника, что обусловлено необходимостью постоянно вести диалог с компьютером.

Сосредоточенность обучающегося возрастает по сравнению со слуховым восприятием (без визуального представления информации), когда слушатель в силу разных причин отвлекается, перестает понимать материал и теряет интерес к предмету изучения.

Использование сразу двух каналов информации (зрительного и слухового) еще более повышает КПД обучения.

Важное значение имеет то, что возникает дополнительный интерес к самому процессу получения знаний, а, как известно, положительные эмоции повышают эффективность любой деятельности, включая учебную.

Важно также, что при использовании компьютерных обучающих программ затрагивается не только область профессиональных знаний работника, но и задействуется эмоциональная сфера. Фотографии и видеофрагменты с мест происшествий (авария на железнодорожном переезде, падение автомобильного крана, безысходность для множества людей при пожаре, репортаж из больницы о пострадавшем от несчастного случая, результаты аварии при работе погрузчика и т. п.) оставляют более яркий след в памяти, чем словесное описание. Это немаловажно, поскольку причиной несчастных случаев часто является даже не отсутствие необходимых знаний, а элементарная потеря чувства опасности.

#### **Результаты работ по созданию мультимедийных обучающих систем**

Итак, наиболее эффективными для достижения поставленной цели (снижения травматизма) авторам представляются мультимедийные компьютерные обучающие программы. В отличие от унылых и безликих программ по контролю знаний обучающие программы должны быть яркими и интересными. По отношению к ним справедливо выражение, что "все жанры хороши, кроме скучного". Обучение с помощью компьютера должно доставлять положительные эмоции (рис. 1 — см. 4-ю стр. обложки). Даже очень важные положения, изложенные сухо и неинтересно, вызовут отторжение обучаемого персонала.

В ПГУПС была создана серия мультимедийных программ, получившая общее название "Наглядная безопасность и охрана труда". Каждая из программ представляет собой комплексное учебное пособие, включающее в себя два основных компонента: собственно информационный (обучающий) блок и блок самоконтроля знаний (контрольные вопросы, оценка правильности ответов и пояснения по ошибкам, подведение итогов опроса).

Разработанные для различных профессий и видов работ системы содержат порядка 8000 рисунков, фотографий, схем и комиксов со звуковым сопровождением. Кроме того, программы включают в себя фрагменты видеофильмов. Используется трехмерная графика и анимация.

Поскольку обучающие системы предназначены для работников, которые зачастую не имеют опыта работы с компьютером, то интерфейс программ предусмотрен максимально лаконичным (рис. 2 — см. 4-ю стр. обложки). За все время работы можно вообще не касаться клавиатуры, достаточно освоить работу с мышью. Имеется режим автоматического "проигрывания" информационного блока программы в виде "слайд-фильма", когда вообще нет необходимости управлять работой программы. Схема перемещений по различным разделам программы имеет древовидную структуру и не более 2—3 уровней. Более развитая система гиперссылок сделала бы программу похожей на справочную систему, а это, как показывает практика, ухудшает четкость восприятия и затрудняет усвоение материала. Каждый пункт Правил по охране труда иллюстрируется фотографиями, видеофильмами, трехмерной графикой, анимацией, рисунками (в том числе комиксами).

Компьютерный самоконтроль знаний также организован предельно просто (рис. 3 — см. 4-ю стр. обложки), чтобы внимание работника было сосредоточено только на содержательной части вопросов и не отвлекалось на осмысление того, каким образом ему следует вводить свой ответ в компьютер. Бывает, что в одной и той же программе используют различные типы вопросов, а это вызывает определенные затруднения у некоторых работников, которые "не дружат с компьютером". Особенно много осложнений возникает при необходимости заполнения шаблона текстом, так как в этом случае надо достаточно хорошо знать клавиатуру, а, кроме того, еще и избежать орфографических ошибок. Поэтому в наших программах всегда используется только тип вопросов с одиночным выбором, когда работник с помощью мыши должен отметить единственный правильный ответ из предложенных ему вариантов ответов.

Работники, отвечая на вопросы программы, не боятся неудовлетворительных оценок, поскольку цель опроса — самоконтроль и возможность самостоятельно убедиться, насколько правильно усвоен тот или иной материал. Программы выдают оперативные сообщения о правильности каждого ответа (рис. 4) и объясняют, в чем заключается ошибка.

В программах рассматриваются вопросы безопасности труда для различных профессий и видов работ (рис. 5 — см. 4-ю стр. обложки). Тематика

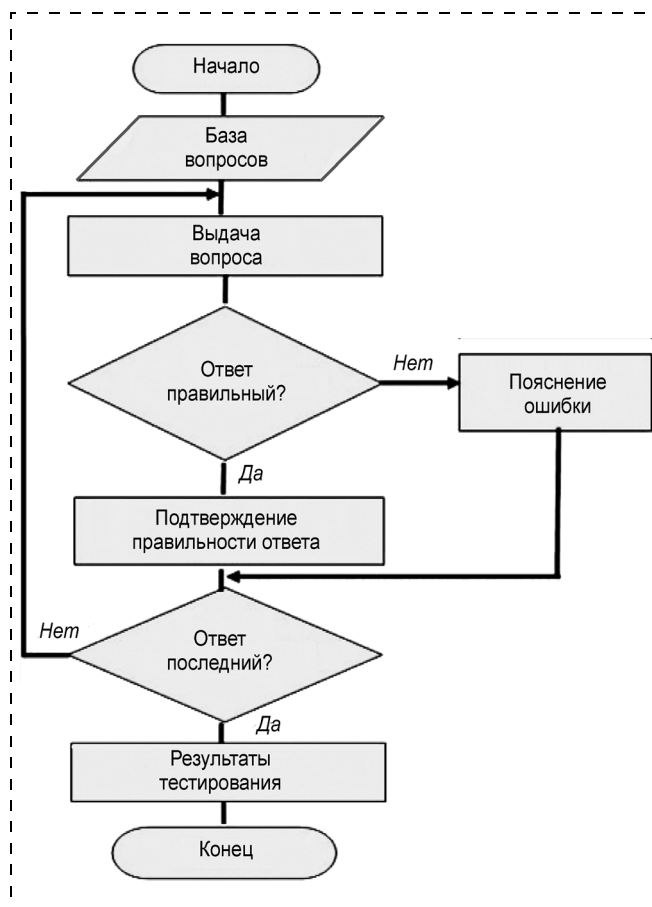


Рис. 4. Алгоритм самопроверки знаний

программ серии уже сейчас достаточно обширна. Вот некоторые из них:

- вводный инструктаж по охране труда;
- электробезопасность;
- первая доврачебная помощь;
- безопасность труда при работе с ручным слесарным инструментом;
- безопасность при эксплуатации погрузчиков;
- пожарная безопасность;
- безопасность при работе с ручным электро- и пневмоинструментом;
- безопасность труда при сварочных работах;
- безопасность при обслуживании сосудов под давлением;
- безопасность труда при работах с аккумуляторами;
- безопасная работа со столярно-плотничным инструментом и на деревообрабатывающих станках;
- безопасная эксплуатация автотранспортных средств и перевозка грузов;
- безопасность труда при техническом обслуживании и ремонте автомобилей;
- безопасность труда для стропальщиков и др.



## Опыт применения мультимедийных программ по безопасности труда

Многие предприятия уже приобрели и используют эти программы для обучения своих работников вопросам охраны труда. Накопился определенный опыт применения программ.

Получили распространение две формы использования программ: проведение занятия преподавателем (инженером по охране труда, непосредственным руководителем, другим ответственным за обучение лицом) или самостоятельная работа обучаемых с программой. В первом случае занятие можно проводить одновременно с несколькими работниками. Лицо, проводящее занятие, управляет передвижением по программе, а при необходимости может задержаться на любом этапе и сделать свои комментарии. Во втором случае работа может быть как индивидуальной, так и групповой (по 2...3 человека за одним компьютером). При индивидуальной работе все вопросы прорабатываются более тщательно, темп работы, как правило, невысок. Зато, при работе за одним компьютером одновременно двух-трех человек, как правило, возникает более непринужденная обстановка, работники коллективно обсуждают спорные моменты и в целом усваивают информацию быстрее.

В любом случае изменяется роль проводящего занятия. В данном случае он выступает не в качестве распространителя информации, а в роли консультанта, получая возможность акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах.

В последнее время все большую популярность приобретает аудит безопасности поведения. Помимо фиксации неправильных действий он включает в себя беседу с нарушителем и демонстрацию ему безопасных приемов труда. Применение раз-

работанных обучающих систем позволит проработать навыки правильного и безопасного выполнения приемов труда, что значительно повысит эффективность аудита.

## Выводы

Область применения информационных технологий в безопасности жизнедеятельности очень велика [2] и обучающие программы занимают в ней важное место. Опыт применения программ из серии "Наглядная безопасность и охрана труда" на многих предприятиях свидетельствует о том, что мультимедийные компьютерные технологии вызывают заинтересованность у производственников. Эти программы оказались весьма востребованными. Их приобрели сотни предприятий России, а также Казахстана, Украины и Белоруссии. В ОАО РЖД, на предприятиях и в организациях многих других отраслей уже используется порядка двадцати тысяч копий программ.

Явно имеется потребность в расширении тематики и в разработке аналогичных программ по вопросам безопасности труда для многих других профессий и видов работ. А самый главный результат внедрения этих разработок (на что очень надеются авторы) — это повышение эффективности обучения и, в конечном счете, снижение производственного травматизма.

## Список литературы

1. Башмаков А. И., Башмаков И. А. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. — М.: Информационно-издательский дом "Филинь", 2003. — 616 с.
2. Соколов Э. М., Панарин В. М., Воронцова Н. В. Информационные технологии в безопасности жизнедеятельности.: Учебник для ВУЗов. — М: машиностроение, 2006. — 238 с.

## Учредитель ООО «Издательство "Новые технологии"»

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

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

Телефон редакции журнала (499) 269-5397, тел./факс (499) 269-5510, e-mail: bjd@novtex.ru, <http://novtex.ru/bjd>  
Телефон главного редактора (812) 550-0766, e-mail: rusak-maneb@mail.ru

Дизайнер Т. Н. Погорелова.

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

Сдано в набор 10.09.09. Подписано в печать 21.10.09. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч-изд. л. 7,98. Заказ 959.

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.