



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

7(103)
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

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Ванаев В. С., Козьяков А. Ф. Дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" (БЖД) — 20 лет	2
Абдуллин А. Г., Антипанова Н. А., Абдулина Д. Г. Жизнедеятельность человека в экологически неблагоприятных условиях существования	5

ОХРАНА ТРУДА

Голик А. С., Зубарева В. А., Апальков А. С. Обеспечение безопасности жизнедеятельности в аварийных условиях на угольных шахтах	10
Иванов Д. Е., Кондратьев В. Б., Викентьева М. А., Сметанин А. В., Полехина О. В., Швецова-Шиловская Т. Н. Аттестация рабочих мест по условиям труда на объектах по уничтожению химического оружия	13

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Беспалов В. И., Евтушенко И. И. К вопросу взаимосвязи аэрогидродинамического режима и физико-химических свойств жидкости при обеспыливании ленточных конвейеров орошением	18
Бурдинский Э. В., Фуркин А. В., Юшманов В. Н., Пушкарев А. М. Оценка эффективности катодной защиты подземных магистральных трубопроводов в условиях отслаивания покрытия	21
Зиновьев А. П., Зиновьев С. А., Рыжов Г. И., Рыжов И. Г. Промышленная и экологическая безопасность нефтехимических процессов с высокой энергией	25

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Колесников В. А., Капустин Ю. И., Матвеева Е. В., Минаева И. А. Электрофлотационная очистка нефтесодержащих сточных вод судов	30
Куксанов В. Ф., Шайхутдинова А. А. Комплексная оценка влияния золоотвала Кумертауской ТЭЦ на экосистемы	36
Сафарова В. И., Шайдулина Г. Ф., Красногорская Н. Н., Вдовина И. В. Анализ технологических решений по очистке сточных вод горно-обогатительных комбинатов	43

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Барановский Н. В. Модель дифференцированной оценки лесной пожарной опасности по антропогенным причинам	49
---	----

ИНФОРМАЦИЯ

Использование возобновляемых источников энергии для обеспечения продовольственной и энергетической безопасности России	54
---	----

Приложение. Ксенофонов Б. С. Технология очистки промышленных сточных вод энергопредприятий.

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.

В. С. Ванаев, канд. техн. наук, доц., **А. Ф. Козьяков**, канд. техн. наук, проф.,
МГТУ им. Н. Э. Баумана,
e-mail: E9@mx.bmstu.ru

Дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" (БЖД) — 20 лет

У дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" юбилей. Ее организационное рождение произошло 20 лет назад. А ведь совсем недавно термина "Безопасность жизнедеятельности" вообще не существовало. Впервые он появился в 1989 году, когда была создана Государственная Комиссия Совета Министров СССР по чрезвычайным ситуациям, и был сделан анализ состояния травматизма в стране, в том числе производственного, который показал, что риск гибели человека на производстве на порядок ниже, чем в быту. Было отмечено, что на производстве есть пусть и не совершенная, но установленная законом система мер защиты работающих. Есть и подготовка специалистов по охране труда в вузах. Но вне производства ничего подобного нет. И главное, как отметил при вступлении в должность председатель Комиссии зам. председателя Совета Министров Догужаев В. Х., "сознание самоценности человеческой жизни обязывает изменить отношение общества к проблеме безопасности человека, подняться над ведомственными интересами, взяться за решение, прежде всего, общих проблем безопасности деятельности (а не только труда!) человека. Нерешенность общих проблем препятствует решению частных".

Такого рода подход получил полную поддержку в высшей школе, в ВЦСПС и в ЦК профсоюза работников просвещения и научных учреждений. Группа энтузиастов в лице проф., д-ра техн. наук Белова С. В. (МГТУ им. Н. Э. Баумана), проф., д-ра техн. наук Русака О. Н. (Санкт-Петербургская Государственная лесотехническая академия им. С. М. Кирова), проф., канд. техн. наук Лапина В. Л. ("МАТИ" — РГТУ им. К. Э. Циолковского), Пономарева М. Л. (Госкомобразование СССР) провела большую работу по обоснованию необходимости введения в высших учебных заведениях дисциплины "Безопасность жизнедеятельности". Сегодня она преподается во всех вузах, колледжах, ее основы читаются в школах и гимназиях.

Этой дисциплины коснулись также многочисленные реформы, которые сотрясают высшую школу не первый год. И как-то забылось, что два десятилетия назад ее не было и в образовательных учреждениях читались другие курсы, что появление новой дисциплины сопровождалось многочисленными дискуссиями, ибо у нее было много противников, ратовавших за сохранение курсов предше-

ственников: "Охрана труда", "Охрана окружающей среды", "Техника безопасности и противопожарная техника". Большинство людей все это уже забылось, хотя 20 лет по историческим меркам весьма малый срок. А ведь произошла, прямо скажем, революция в преподавании вопросов, связанных с обеспечением безопасности человека. И стоит вспомнить о тех событиях, которые вызвали к жизни новую дисциплину, о том, как создавалась ее научная и методическая база, о тех людях, которые за всем этим стояли.

По одному из принятых определений *Безопасность жизнедеятельности (БЖД)* — это наука о комфортном и травмобезопасном взаимодействии человека и техносферы [1] (с техносферой [2]). В энциклопедическом словаре "Безопасность деятельности" [3] приводится несколько иное определение. *Безопасность жизнедеятельности* — область научных знаний, изучающая опасности и способы защиты от них человека в любых условиях обитания. Принципиальная разница этих трактовок БЖД налицо и вызвана существенным различием взглядов на данный предмет его адептов. В данном случае важно, что дисциплина "Безопасность жизнедеятельности" является до такой степени новой, что воззрение на ее предмет может до сих пор отличаться даже у соратников по борьбе за ее становление. Необходимо заметить, что во втором случае термин приводится в словаре [3], трактовка которого характеризует принципиальную позицию редактора словаря на название собственно дисциплины. Принимая во внимание отсутствие в словаре статьи на термин *Безопасность деятельности*, можно предположить, что этот термин определяется значением, данным словосочетанию *Безопасность жизнедеятельности*.

Когда же и в силу каких обстоятельств появилась новая дисциплина? Вот как об этом говорил на Всероссийском совещании заведующих кафедрами вузов по вопросам образования в области безопасности жизнедеятельности, проходившем 9—13 апреля 2001 г. в МГТУ им. Н. Э. Баумана, один из основоположников БЖД д-р техн. наук, проф. Сергей Викторович Белов [4].

"Безопасность жизнедеятельности" — наука, возникновение которой неразрывно связано с началом демократических преобразований в России. В 1988 году в Ленинграде протестуют студенты против изучения курса "Гражданская оборона".



В Москве председатель Госкомобразования СССР Ягодин Г. А., выступая по телевидению со сцены Московского дворца молодежи, заявляет о целесообразности исключения из учебных планов вузов курсов "Гражданская оборона" и "Охрана труда". На волне демократизации явно зреет субъективное мнение о нецелесообразности изучения в вузах страны проблем, связанных с безопасностью человека". Вряд ли эти социально-политические движения можно считать причиной возникновения новой дисциплины, но как пороговое событие, с которым рождение БЖД можно связывать, оно запоминается.

К этому времени формируется группа ученых, которые все проблемы, связанные с многообразием опасностей, объясняли разрушающим внедрением человека в природную среду. В учебных курсах все чаще превалируют вопросы, так или иначе имеющие отношение к экологии. Другими словами, идея рассмотрения безопасности за пределами только производственной сферы давно назрела.

В своей статье-докладе [4] С. В. Белов очень убедительно обозначил основные вехи времени, по которым хорошо просматриваются главные этапы становления и развития дисциплины "Безопасность жизнедеятельности". Вот некоторые из них.

Важным этапом стало создание научно-методического совета (НМС) по безопасности жизнедеятельности Государственного комитета СССР по народному образованию и утверждение его состава приказом № 203 от 20.03.1989 г. Госкомобразования СССР, в которой вошли ведущие специалисты в области охраны труда и окружающей среды под председательством С. В. Белова. Это было первое официальное признание понятия "Безопасность жизнедеятельности" в образовательной среде.

Учебно-методическое управление МГТУ им. Н. Э. Баумана 20.09. 1989 г. утвердило программу курса "Промышленная экология и безопасность (Безопасность жизнедеятельности)" для машиностроительных специальностей МГТУ. Авторы программы: проф. Белов С. В., проф. Козьяков А. Ф., доц. Сивков В. П.

Совещание заведующих кафедрами "Охрана труда" в Ленинграде, состоявшееся 9—18.04.1990 г., поддержало предложение НМС о переходе к изучению в вузах страны новой дисциплины "Безопасность жизнедеятельности", включив в нее на основе интеграции содержательную часть курсов "Охрана труда" и "Промышленная экология".

Коллегия образования СССР 27.04.1990 г. приняла решение "О мерах по созданию системы непрерывного образования в области безопасности жизнедеятельности". В решении отмечалось, что "проблемы обеспечения безопасности человека в последние годы приобретают все большую остроту. Не снижается количество аварий в промышленности, на транспорте и в агропромышленном ком-

плексе, растет производственный и бытовой травматизм, и, что самое тревожное, детский".

При этом делался вывод, что причинами такого положения являются недостаточный уровень обучения вопросам безопасности на всех стадиях образования и серьезные упущения в воспитательной работе, проводимой в этом направлении. Также обращалось внимание, что недостаточно разработаны и медленно вводятся элементы воспитания и обучения вопросам безопасности в системе дошкольных учреждений. Неэффективно ведется обучение вопросам безопасности в системе средней общеобразовательной школы. Здесь не определены формы и методы поэтапного комплексного подхода к формированию в сознании детей и подростков обостренного чувства личной и коллективной безопасности, к привитию навыков распознавания опасностей и поведения в критических ситуациях, что во многом обуславливает высокий уровень школьного травматизма. Система обучения и воспитания не обеспечивает подготовку школьников к безопасной деятельности в условиях современного общества.

Отмечалось также, что немало нерешенных вопросов в обучении безопасным приемам труда имеется в системе профессионального образования. В большинстве училищ и техникумов отсутствует непрерывная подготовка учащихся по вопросам безопасности.

Кроме того, дисциплина "Безопасность жизнедеятельности" приходит в высшую школу на смену курсам "Охрана труда" и "Гражданская оборона". Таким образом, фактически родилась новая наука, отличающаяся своим масштабным подходом к проблемам жизнедеятельности человека, призванная интегрировать на общей методической основе в единый комплекс знания, необходимые для обеспечения комфортного состояния и травмобезопасности человека во взаимодействии со средой обитания и, прежде всего, с техносферой.

В соответствии с решением Коллегии Госкомобразования СССР был издан приказ "О первоочередных мерах по перестройке образования в области безопасности жизнедеятельности". Согласно этому приказу НМС по безопасности жизнедеятельности до 1.09.90 г. должен был разработать и утвердить типовую программу одноименного курса, включив последний в учебные планы специальностей высшей школы вместо морально устаревшего курса "Охрана труда".

Первая типовая программа (первые поколения) дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" для технических, сельскохозяйственных и экономических специальностей вузов была утверждена НМС по безопасности жизнедеятельности 16.01.1991 г., а в 1992—1993 гг. был издан первый конспект лекций "Безопасность жизнедеятельности" [5, 6].



К решению задач безопасности жизнедеятельности активно подключается Государственный комитет Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. Постановлением ГКЧС России от 29.01.1993 г. и Комитета по высшей школе от 17.03.1993 г. поставлена задача по разработке учебных программ по дисциплине "Безопасность жизнедеятельности" для вузов [7].

Приказом Комитета по высшей школе № 250 от 26.04.1993 г. "Об организации экспертного совета по циклу инженерных дисциплин" дисциплина "Безопасность жизнедеятельности" была признана инженерной (общепрофессиональной).

В Классификаторе направлений и специальностей высшего профессионального образования (Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования), введенном в 1994 г., впервые образована группа специальностей "Безопасность жизнедеятельности".

В 1994—1995 гг. НМС по безопасности жизнедеятельности по поручению Госкомвуза РФ разработал примерную программу дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" для всех направлений бакалавриата (авторы проф. С. В. Белов и проф. В. Л. Лапин).

В 1995 г. разработан, утвержден и введен в действие Государственный общеобразовательный стандарт выпускника по специальности "Безопасность жизнедеятельности" с квалификацией — учитель безопасности жизнедеятельности, разработанный РГПУ им. А. И. Герцена (г. Санкт-Петербург). Реализация этого образовательного стандарта в вузах России позволила начать подготовку учителей по курсу ОБЖ для средней общеобразовательной школы.

В 1999 г. впервые вышла в свет книга "Безопасность жизнедеятельности" под редакцией С. В. Белова, рекомендованная Министерством образования и науки Российской Федерации в качестве учебника для студентов высших учебных заведений. Этот учебник был переиздан в 1999, 2001, 2004, 2005, 2006, 2007 гг.

В 2000 г. вышла в свет книга "Безопасность жизнедеятельности", рекомендованная Министерством образования Российской Федерации в качестве учебника для студентов учреждений среднего профессионального образования с последующим переизданием в 2002, 2003, 2004, 2006 гг.

С января 2001 г. начинает выходить научно-практический и учебно-методический журнал "Безопасность жизнедеятельности" с приложением (с июля 2003 г.) [8]. В журнале освещаются современное состояние, тенденции и перспективы развития в таких областях, как промышленная безопасность, охрана труда, экологическая безопасность и чрезвычайные ситуации с акцентом на техногенные опасности.

С 2006 г. выходит научно-методический и информационный журнал "Безопасность в техносфере".

Приведенная выше сухая статистика событий рождения и становления новой дисциплины "Безопасность жизнедеятельности", по мнению авторов, дает наглядное представление о невероятном темпе ее развития.

Прошло 20 лет и стало ясно, что появление дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" было исторически обосновано. Переход на рыночные отношения изменил кадровую политику на производстве. Работодатель заинтересован именно в специалистах, владеющих всем комплексом знаний для обеспечения безопасности человека как в сфере производства, так и вне ее, в том числе с учетом возникновения чрезвычайных ситуаций (экономически целесообразнее иметь одного специалиста вместо двух). Такого рода специалисты востребованы в самых различных отраслях экономики в органах Государственного контроля (надзора), в органах местного самоуправления. Переход на систему подготовки в вузах бакалавров и магистров в рамках нового поколения Государственных образовательных стандартов не очень коснулся дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" как федеральной компоненты в системе высшего образования. Значит, все было верно. Значит, надо с благодарностью вспомнить тех реформаторов и их многочисленных предшественников, представлявших не одно поколение людей, создавших новую научную социально значимую дисциплину, на многие годы вперед определивших путь развития важнейшей области знаний, за которой стоит самое ценное на земле — жизнь человека.

Список литературы

1. **Белов С. В., Ванаев В. С., Козьяков А. Ф.** Безопасность жизнедеятельности. Терминология: Учеб. пособие / Под ред. С. В. Белова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. — 304 с.
2. **Белов С. В.** Безопасность жизнедеятельности. Терминология: Учеб. пособие / С. В. Белов, В. С. Ванаев, А. Ф. Козьяков / Под ред. С. В. Белова. — М.: КНОРУС, 2008. — 400 с.
3. **Безопасность** деятельности: Энциклопедический словарь / Под ред. О. Н. Русака. — СПб.: Информационно-издательское агентство "ЛИК", 2003. — 504 с.
4. **Белов С. В.** Становление, развитие и итоги научно-педагогической деятельности в области БЖД в России в конце XX — начале XXI веков / Сборник материалов Всероссийского совещания заведующих кафедр вузов по вопросам образования в области безопасности жизнедеятельности, 9—13 апреля 2001 г. (Часть 1). — М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. — 152 с.
5. **Белов С. В., Морозова Л. Л., Сивков В. П.** Безопасность жизнедеятельности. Конспект лекций. Ч. 1. — М.: ВАСОТ, 1992.
6. **Безопасность** жизнедеятельности. Конспект лекций. Ч. 2 / П. Г. Белов, А. Ф. Козьяков, С. В. Белов, Г. П. Павлихин, Д. М. Якубович, В. Г. Давыдов, Б. А. Еременко // Под ред. С. В. Белова. — М.: ВАСОТ, 1993. — 164 с.
7. **Белов С. В.** Примерная программа дисциплины "Безопасность жизнедеятельности" (четвертое поколение) // Безопасность жизнедеятельности. — 2004. — № 12. — Приложение к журналу.
8. **Ванаев В. С., Русак О. Н., Павлихин Г. П.** Сто номеров журнала "Безопасность жизнедеятельности" // Безопасность жизнедеятельности. — 2009. — № 4. — С. 2—5.



УДК 628.52:669.1

А. Г. Абдуллин, д-р психол. наук, проф.,
Институт педагогики и психологии РАО, г. Казань,
Н. А. Антипанова, д-р мед. наук, проф., **Д. Г. Абдуллина**, канд. пед. наук, проф.,
Магнитогорский государственный университет,
e-mail: asatabdullin@rambler.ru

Жизнедеятельность человека в экологически неблагоприятных условиях существования

Магнитогорск — крупный промышленный центр черной металлургии. Технология производства обуславливает значительное загрязнение окружающей среды, в особенности атмосферного воздуха. Токсические, канцерогенные вещества накапливаются в продуктах питания и в биологических субстратах организма человека (кровь и урина). Высокая токсическая нагрузка на городскую популяцию способствует развитию канцерогенного риска.

Ключевые слова: радиация, актуальное экологическое сознание, канцерогены, радиационная катастрофа.

Abdullin A. G., Antipanova N. A., Abdullina D. G. Ability to live of the person in ecologically adverse conditions of existence

Magnitogorsk — large industrial centre of ferrous metallurgy. The "know-how" causes appreciable environmental pollution, in particular a free air. Toxic, carcinogenic substances collect in food stuffs and in biological substrata of an organism of the person (a blood and urina). The high toxic load on a city population promotes development of cancerogenic risk.

Keywords: radiation, actual ecological consciousness, cancerogenic, radioactive contamination.

Процесс преодоления последствий радиационной катастрофы на производственном объединении "Маяк", продолжающийся более 50 лет, вряд ли можно считать завершенным. В целом социально-психологическая напряженность населения, постоянно проживающего на территориях, пострадавших от радиации, чрезвычайно высока. Свое воздействие на социально-психологическую обстановку на радиоактивно-загрязненных территориях оказывают ход экономических и политических реформ и сегодняшняя нестабильность страны, которая затянулась, обуславливая в последние годы тенденцию роста психологической напряженности. В результате опроса, проведенного в 2002 г., большинство населения (69,7 %) оценивали социально-психологическую обстановку как напряженную. Для срав-

нения отметим, что в 1999 г. этот показатель составлял 51 %, т. е. за два года рост составил 18,7 %. При этом на пострадавших территориях имеется часть населения, которая, судя по результатам опроса (примерно около четверти от общего числа), "верит в лучшее будущее" и готова принять участие в реабилитационных мероприятиях на пострадавших территориях и активно поддерживать политику реформ.

Характеризуя в целом социально-психологическую ситуацию, сложившуюся в последние годы, следует отметить психологическое привыкание местного населения к радиоактивному фактору. Об этом свидетельствует ловля рыбы на реке Теча, которую можно наблюдать как зимой, так и летом, использование террас реки под огороды, свободное выпуливание в пойме домашних животных и многое другое. У постороннего наблюдателя, впервые попавшего в эти места, создается впечатление, что основная масса населения не имеет никакого представления об угрозе радиационного поражения. Этот феномен многие исследователи (Толстикова В. С., 1998; Новоселов В. Н., 1999; Хашенко Н. Н., 2002) называют "актуальное экологическое сознание" как единство осознанных и неосознанных личностью изменений в окружающей реальности и в собственном Я, осознания своих эмоциональных переживаний, взаимоотношений с людьми, своей значимости и жизненной перспективы как резерва сохранения целостности в условиях постоянного проживания в радиационно-опасной зоне.

Известно, что радиоактивное загрязнение не является единственной и самой главной экологической бедой как на Урале, так и в целом в России и в мире. Кроме радиационного риска на население, проживающее на радиоактивно зараженных территориях, воздействует комплекс факторов окружающей среды, которые оказывают воздействие на формирование популяционного здоровья населения, особенно в связи с изменением социально-экономических условий, сопровождающихся ослаблением контроля за качеством среды обитания, ухудшением демографической ситуации, изменением струк-



туры питания населения. Анализ количественных зависимостей в системе "среда — здоровье" получил развитие в разработке критериев и методов количественной оценки воздействия факторов окружающей среды на здоровье населения (Г. И. Сидоренко, 1996—1999; Ю. А. Рахманин, 1965—2000; В. М. Боев, 1987—2000; С. А. Авалиани, 1987—2000).

Деятельность человека по масштабам своего влияния на распространенность химических элементов в окружающей среде возрастает настолько, что становится в ряд с природными геохимическими факторами, действие которых с интенсивностью, превышающей пределы "зоны оптимума", должно рассматриваться как дополнительный экзопатогенный фактор (В. М. Боев, 1998).

Известно, что дисбаланс микро- и макроэлементов в окружающей среде способствует развитию заболеваний, синдромов, характерных как для естественных, так и для антропогенных биогеохимических провинций, о чем свидетельствуют исследования В. И. Вернадского (1922—1940); А. П. Виноградова (1932—1962); В. И. Войнера (1942—1962); В. В. Ковальского (1945—1995); Г. Д. Габовича (1949—1987); Г. А. Бабенко (1953—1988); А. П. Авцына (1964—1995); А. А. Жаворонкова (1968—1999); А. В. Скального (1987—2000); Е. Underwood (1937—1977); К. Schwarz (1967—1989); W. Mertz (1965—2000); P. J. Aggett (1978—2000). Однако, несмотря на большое число работ по изучению влияния факторов окружающей среды на показатели здоровья населения, до сих пор остаются недостаточно разработанными региональные аспекты комплексной оценки антропогенных и природных геохимических факторов, особенности воздействия их дисбаланса на городское население.

Одной из задач нашего исследования являлось проведение комплексной оценки уровня химических элементов в объектах среды обитания г. Магнитогорска (население 500 тысяч человек) (атмосферный воздух, почва, вода, продукты питания) и оценки накопления токсических и эссенциальных микроэлементов в биологических средах (urina, кровь) у населения с учетом их комплексного поступления в организм.

Исследования проведены в крупном промышленном центре Южного Урала — Магнитогорске, где 94 % объема промышленности и 84 % прибыли городов приходится на металлургические комбинаты. С 1996 г. по настоящее время на инвестиционную деятельность комбинатов направлено свыше 2,1 млрд долл. США, пятая часть из которых приходится на экологические объекты. Осуществлено коренное обновление всех основных производств, в результате чего суммарные выбросы за последнее

десятилетие сократились почти в 4 раза. Вместе с тем предприятия черной металлургии остаются основными источниками выбросов в окружающую и производственную среду химических веществ, которые имеют безусловные доказательства опасности возникновения опухолей у человека. По данным экспертов Международного агентства по изучению рака (2001 г.) к этой группе отнесены 87 химических веществ, в том числе бериллий, мышьяк, кадмий, никель, шестивалентный хром и другие (1-я группа); к веществам с высокой степенью доказательности канцерогенности (убедительные для животных и ограниченные свидетельства для человека) отнесены акриламид, бенз(а)пирен, формальдегид, трихлорэтилен и др. (2А группа); группа 2Б (235 наименований) включает вещества (актилонитрил, ацетальдегид, стирол, свинец, кобальт и другие), возможно вызывающие рак у человека; к группе 3 (483 наименования) отнесены акролеин, фтор, фториды, селен, диоксид серы и др., которые не могут быть классифицированы в отношении их опухолеродной активности для человека.

В 1995 г. Госкомсанэпиднадзором РФ утвержден "Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека", подготовленный экспертами по канцерогенным веществам. Переработанный вышеупомянутый перечень введен в действие с 01.02.1997 г. С 1999 г. введен в действие Гигиенический Норматив (ГН) 1.198, который включает бензол, бенз(а)пирен, кадмий и его соединения, каменноугольные смолы, пеки, никель и его соединения; производственные процессы — производство чугуна и стали (агломерационные фабрики, доменное и сталеплавильное производство, горячий прокат) и литья из них с доказанной для человека канцерогенностью. В этой связи был определен приоритет изучения загрязнения окружающей среды канцерогенными веществами. При этом расчет доз проводили отдельно для канцерогенных и не обладающих канцерогенными свойствами веществ. Учитывалась экспозиция населения к химическим факторам атмосферного воздуха, воздуха жилых помещений, питьевой воды, почвы, продуктов питания.

Анализ загрязнения атмосферного воздуха проведен в соответствии с ГОСТ 17.2.3.01—86 и РД 52.04.186—89 (данные ЦГСЭН, центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, ведомственных лабораторий промышленных предприятий). По данным стационарного наблюдения на четырех постах наблюдения за 1999—2003 гг. оценивалось содержание 25 веществ (в среднем было проведено 13 364 исследования по веществу). По данным маршрутного наблюдения за 2000—2003 гг.

оценивались концентрации девяти металлов (246 исследований по веществу). Характеристика источников загрязнения атмосферного воздуха за 1999—2003 гг. осуществлялась с учетом особенностей выбросов крупных промышленных предприятий (форма 2-ти "Воздух").

Отбор почвы на территории города осуществлялся в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02—84. Всего за 1999—2006 гг. было исследовано 110 проб. Оценка степени загрязнения почвы проведена по валовому содержанию шести веществ в соответствии с "Методическими указаниями по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами" № 4266-87, ГН 2.1.7.020—94. Учитывая, что не на все контролируемые в почве вещества утверждены предельно допустимые концентрации (ПДК) были проведены сравнения концентраций с Кларком (Виноградов А. П.) и пороговыми уровнями (Ковальский В. В.).

Для оценки качества питьевой воды была проведена выкипировка данных о результатах исследования проб из водопроводной сети, отобранных в соответствии с ГОСТ 24481—80 (в настоящее время действует ГОСТ Р 51593—2000) за 1999—2006 гг. Использовались данные лабораторий ЦГСЭН в г. Магнитогорске МП "Производственное управление водоканализационного хозяйства". Качество питьевой воды оценивалось по 24 показателям на соответствие требованиям ГОСТ 2874—82 (в настоящее время действует ГОСТ Р 51232—98), ГОСТ 2761—84 и СанПиН 2.1.4.559—96. Проанализирована 221 проба воды (проведены 4217 исследований).

Канцерогены в различных объектах окружающей среды были идентифицированы на основании "Перечня веществ, продуктов, производственных, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека" ГН № 1.1.029—95, а также с использованием баз данных химических канцерогенов Международного агентства по изучению рака по состоянию на 26.03.99 г., Интегрированной информационной системы о рисках Агентства по охране окружающей среды США, Национальной токсикологической программы США и Американского общества правительственных гигиенистов. С целью определения приоритетности канцерогенов было проведено их ранжирование на основе различных классификаций по частоте отнесения к различным группам.

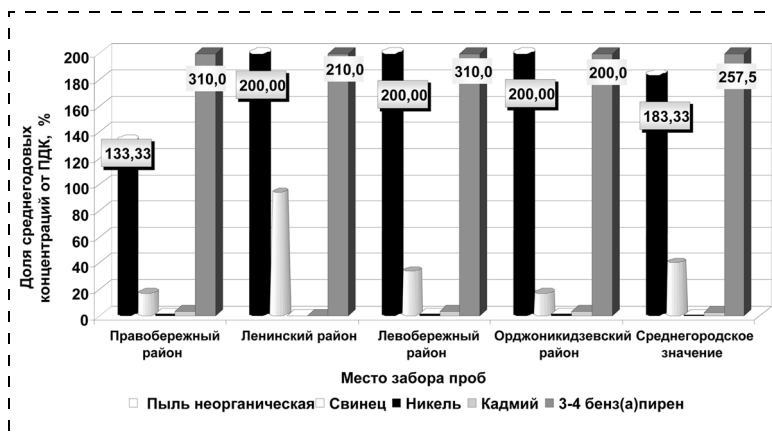


Рис. 1. Содержание канцерогенных и токсических веществ в атмосферном воздухе г. Магнитогорска, 2000—2003 гг.

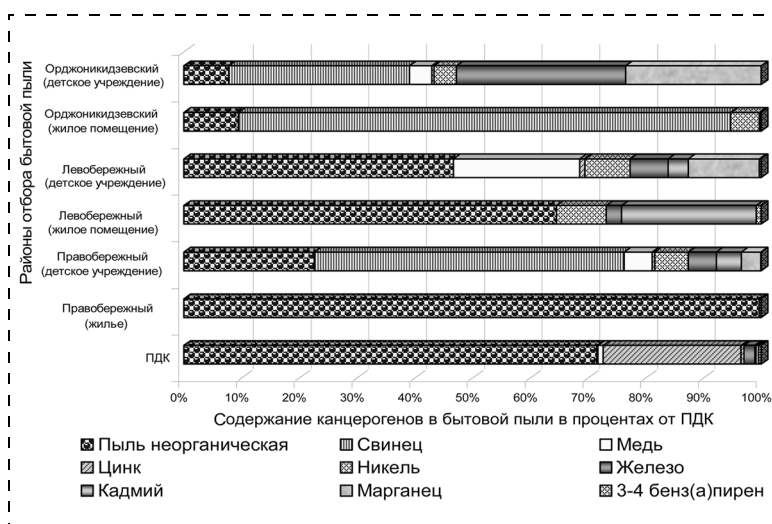


Рис. 2. Долевой вклад отдельных поллютантов в уровень загрязнения бытовой пыли г. Магнитогорска, 1998—2003 гг.

Анализ результатов многосредового мониторинга показал, что региональными особенностями экологической ситуации города с развитой отраслью черной металлургии является, прежде всего, высокий уровень суммарного загрязнения атмосферного воздуха. В структуре загрязняющих химических веществ доминируют вещества, обладающие канцерогенными свойствами — бенз(а)пирен, стирол, толуол, формальдегид, хром, никель, кадмий, свинец, мышьяк.

Приведенные на рис. 1 данные показывают высокие концентрации в атмосферном воздухе бенз(а)пирена во всех районах города, в особенности в Правобережном и Левобережном районах, где наблюдается превышение ПДК в 3 раза. Концентрации других канцерогенных веществ в атмосферном воздухе и в бытовой пыли (рис. 2) ниже ПДК.



Однако экспериментально доказано, что при длительном введении канцерогена происходит сложение эффектов отдельных доз и теоретически безопасных доз канцерогенов не существует (Н. Н. Литвинов, 1987; В. С. Турусов, 1984, 1998; Н. Druckrey, 1967; W. K. Poel, 1960 и др.).

Исследования проб почвы на содержание канцерогенных и токсических веществ показали, что имеется превышение ПДК никеля в почве в Правобережном районе в 1,1 раза ($p > 0,05^*$); в Орджоникидзевском районе в 1,2 раза ($p < 0,05$). Наблюдаются также высокие концентрации свинца в почве Правобережного района жилого массива в 1,6 раза выше ПДК ($p < 0,05$) (рис. 3).

Настораживают высокие концентрации ртути в почве всех административных районов города, особенно в почве жилого массива Правобережного района, где концентрация ртути составила 19,1 мг/кг при ПДК 5 мг/кг.

Интегральная оценка загрязнения почвы комплексом химических веществ проводилась по суммарному показателю загрязнения, изложенному в МУ № 4266—87 (рис. 4). Из рисунка видно, что значительная токсическая нагрузка наблюдается в Орджоникидзевском районе правобережной части города, что почти в 3 раза выше ($p < 0,05$) чем в левобережной части, где расположен Магнитогорский металлургический комбинат.

Анализ результатов исследования питьевой воды г. Магнитогорска (рис. 5) выявил преобладание мышьяка, свинца и кобальта в Левобережной части города, но имеющиеся концентрации остаются в пределах ПДК.

В питьевой воде Правобережья среднегодовые концентрации кобальта, кадмия и мышьяка составили соответственно: $0,043 \pm 0,003$ мг/л ($p < 0,02$); $0,0026 \pm 0,0011$ мг/кг ($p < 0,02$) и $0,0029 \pm 0,0002$ мг/л ($p < 0,02$), что больше показателей Левобережья в 28,67 раз ($p < 0,02$); 1,63 раза ($p < 0,05$) и 2,07 раза ($p < 0,05$).

Анализ комплексных показателей загрязнения питьевой воды (рис. 6), предло-

* При достоверности $p > 0,05$ — малая достоверность отличий; $p < 0,05$ — высокая достоверность отличий.

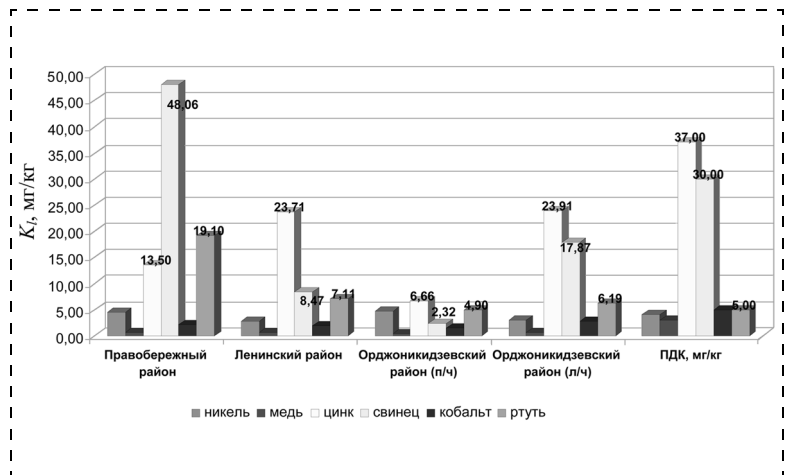


Рис. 3. Среднегодовые концентрации канцерогенов и токсичных веществ в почве K_t г. Магнитогорска, 2001—2003 гг. (п/ч и л/ч — правобережная и левобережная части района)

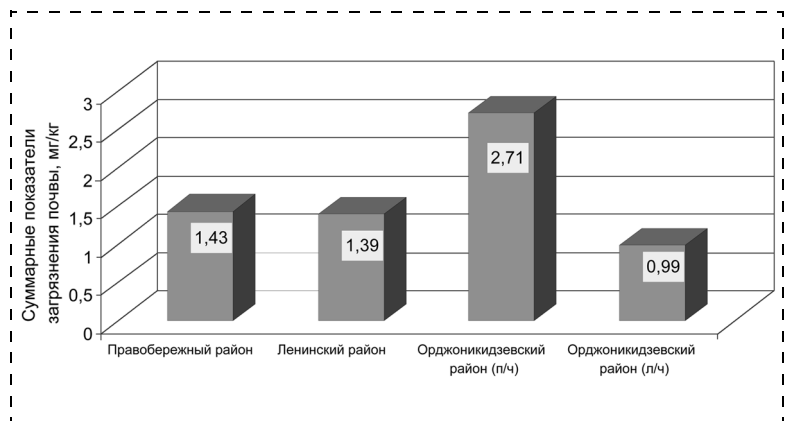


Рис. 4. Суммарные показатели загрязнения почвы административных районов г. Магнитогорска, 2001—2003 гг.

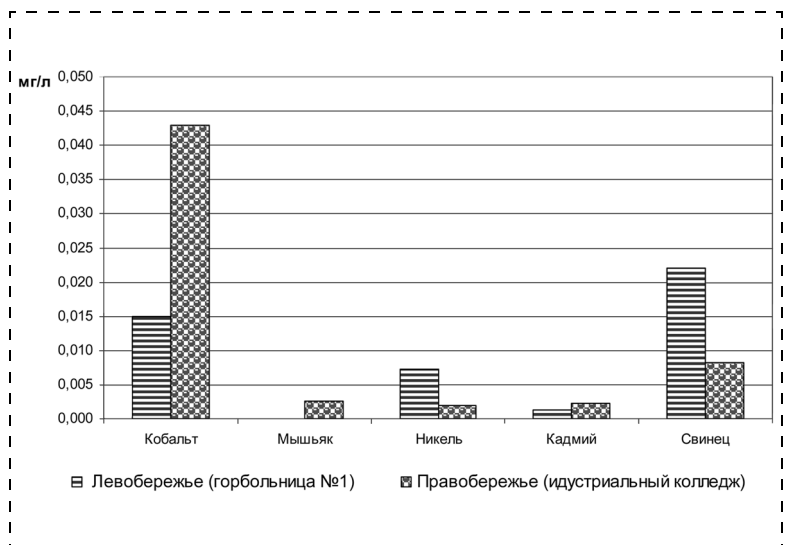


Рис. 5. Среднегодовые концентрации канцерогенов в питьевой воде г. Магнитогорска, 2001—2003 гг.

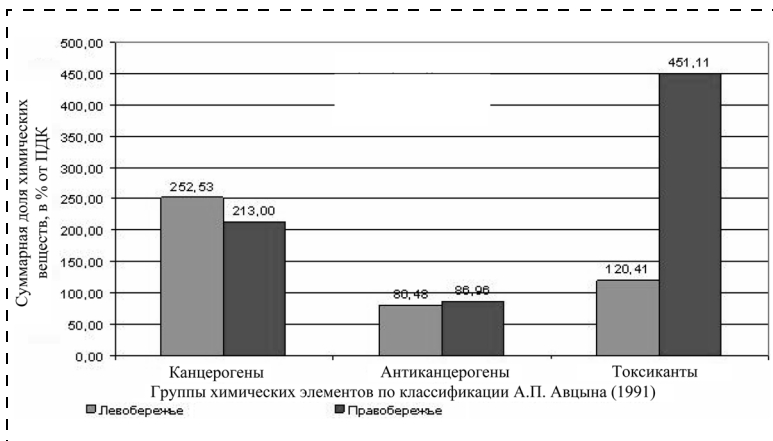


Рис. 6. Комплексные показатели загрязнения питьевой воды г. Магнитогорска, 2001–2003 гг.

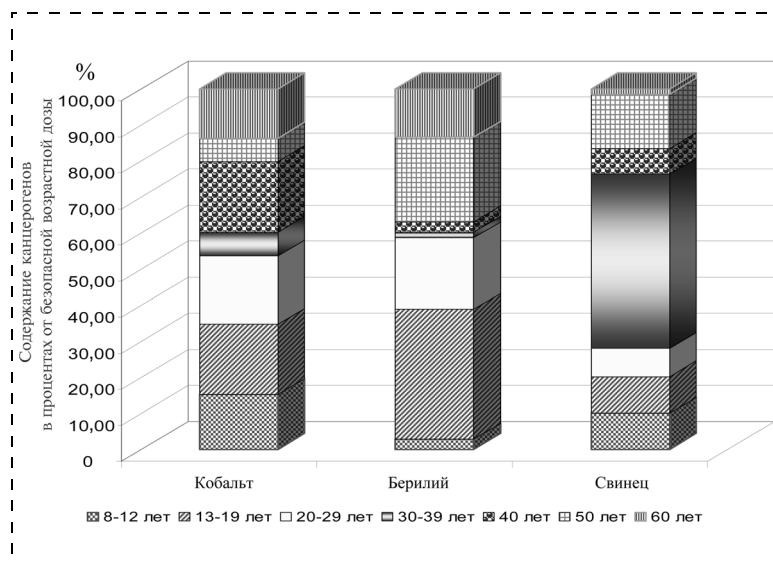


Рис. 7. Содержание канцерогенов в крови жителей г. Магнитогорска в процентах от безопасной возрастной дозы

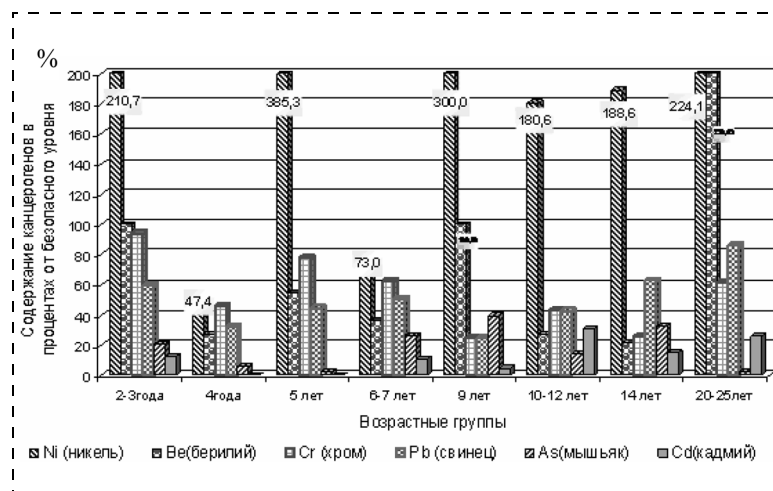


Рис. 8. Содержание канцерогенов в моче жителей г. Магнитогорска в процентах от безопасного уровня

женных Ю. В. Новиковым и соавторами (1984), отчетливо показал преобладание в Правобережье города токсических веществ в 3,7 раза ($p > 0,05$), чем в Левобережье и в 1,2 раза ($p < 0,05$) большую канцерогенную нагрузку Левобережья по сравнению с Правобережьем. Настораживает практическое отсутствие антиканцерогенных элементов в питьевой воде города, особенно в левобережной части города.

В контексте экологической онкологии важным аспектом является биоаккумуляция и биоиндикация канцерогенов. Нами проведено пилотажное исследование "Содержание химических веществ в биологических средах (кровь, урина) лиц различных возрастных групп". На наш взгляд идентификация канцерогенных и неканцерогенных химических веществ в биосредах является объективным показателем канцерогенной опасности, т. е. вероятности (риска) возникновения опухоли. В крови лиц разных возрастных групп идентифицируются такие канцерогенные химические вещества как свинец, бериллий, кобальт (рис. 7). Обращает на себя внимание более высокое содержание кобальта и бериллия в возрастных группах от 13 до 29 лет; свинец диагностируется во всех группах с максимальным его содержанием у лиц в возрасте 30–39 лет.

Наибольшее количество канцерогенных веществ обнаружены в урине жителей города в возрасте от 2-х до 25 лет (рис. 8). Из всех химических элементов канцерогенные вещества (Ni, Cd, Pb, As, Co) в урине составили 50,0 %.

Уровни концентраций канцерогенных веществ в биологических средах, вероятно, обусловлены эффектом суммации их малых доз в объектах окружающей среды, с последующим поступлением канцерогенов в организм различными путями (ингаляционным, пероральным, кожным) с учетом накопленного поступления.

Таким образом, представленные данные о канцерогенах и токсических веществах, их источниках и распространении в объектах окружающей среды конкретного города, идентификация их в биологических материалах позволяют внести существенный вклад в решение одной из насущных задач онкогигиены — оценка популяционного и индивидуального канцерогенного риска.

УДК 622.861

А. С. Голик, д-р техн. наук, проф., **В. А. Зубарева**, канд. техн. наук, доц.,
ЗАО МАНЭБ,

А. С. Апальков,

Новокузнецкий отдельный военизированный горноспасательный отряд,

e-mail: goliksomaneb@rambler.ru

Обеспечение безопасности жизнедеятельности в аварийных условиях на угольных шахтах

Описаны разработанные требования к средствам коллективной защиты людей в подземных условиях угольных шахт, обеспечивающим не только защиту от вредных и опасных факторов в аварийных условиях, отдых, но и возможность переключения в резервные самоспасатели.

Ключевые слова: средство коллективной защиты, пункт переключения, самоспасатель, время защитного действия, выполнение требований правил безопасности.

Holik A. S., Zubareva V. A., Apalkov A. S.
Maintenance of safety of ability to live in emergencies on collieries

Requirements to means of collective protection of people in underground conditions of the collieries, providing not only protection against harmful and dangerous factors in emergencies, rest, but also switching possibility in reserve self-rescuers are developed.

Keywords: means of collective protection, switching point, the self-rescuer, time of protective action, performance of requirements of safety rules.

"Правилами безопасности в угольных шахтах" ПБ 05-618-03, п. 51 [1] определено требование, чтобы время выхода людей на свежую струю не превышало времени защитного действия самоспасателей. При невозможности выполнения этого требования должны устраиваться средства коллективной защиты. По содержанию и смыслу пунктом 51 ПБ 05-618-03 определяется только защита органов дыхания, без учета других поражающих факторов при авариях.

ПБ 05-618-03, п. 56 регламентируется устройство средств коллективной защиты на шахтах, разрабатывающих пласты угля, склонные к внезапным выбросам угля (породы) и газа. В этом же пункте изложено требование об установке в тупиковых выработках передвижных спасательных пунктов на расстоянии 100...500 м от забоя. По степени опасности это требование следует отнести к шахтам, разрабатывающим пожароопасные пласты угля, опас-

ные по горным ударам, с повышенной газообильностью, так как поражающие факторы при авариях, связанных с внезапными выбросами, горными ударами, подземными пожарами, вспышками, взрывами метана практически идентичны. В любой момент внезапный выброс, горный удар, подземный пожар могут привести к взрыву метановоздушной смеси угольной пыли.

Из анализа аварий (см. таблицу) следует вывод, что в подавляющем большинстве случаев и с наиболее тяжелыми последствиями они происходят в очистных и подготовительных забоях. Основные поражающие факторы: ударная (воздушная), взрывная волна, механическое и термическое воздействия, токсические газы, вытеснение кислорода.

Взрывы, вспышки метана, внезапные выбросы, горные удары происходят внезапно и практически мгновенно, и заблаговременное перемещение пострадавших в безопасное место, пункт спасения невозможно. В большинстве случаев взрывы, вспышки метана, газодинамические явления приводят к подземным пожарам, повторным взрывам. Способные к передвижению люди в сформированной крайне опасной обстановке согласно плану ликвидации аварии (ПЛА) передвигаются к выработкам со свежей струей воздуха. В большинстве случаев выход людей происходит при задымлении выработок с включением в самоспасатели, которые обеспечивают защиту органов дыхания, но опасность поражения взрывной волной, обрушающейся породой, углем, термическим воздействием при повторных взрывах метана не исключаются.

Закрытое акционерное общество "Международная академия наук экологии и безопасности жизнедеятельности" (ЗАО "МАНЭБ") разработало пункт переключения в резервные самоспасатели (ППРС) для шахт, имеющих выработки, выход из которых не обеспечивается временем защитного действия изолирующего самоспасателя. Пункт переключения в резервные самоспасатели разработан в соответствии с требованиями ПБ 05-618-03, п. 51 и предназначен для исключения воздействия вредных факторов рудничной атмосферы (повышенной концентрации вредных газов, пониженной концентрации



Анализ аварий на угольных шахтах

Вид аварии	Место происшествия	Динамика	Последствия	Поражающие факторы
Взрыв метана	Очистные, подготовительные забои	Мгновенно	Разрушение крепи, завалы, пожар	Взрывная волна, механическое и термическое воздействие, токсичные газы
Взрыв угольной пыли				
Возгорание, вспышка метана		Скоротечно	Возгорание крепи, пожар	Токсичные дымовые газы, термическое воздействие
Внезапный выброс		Мгновенно	Выброс в действующие выработки газа, горной массы	Ударная волна, вытеснение кислорода, механическое воздействие выброшенной горной массой
Горный удар	Разрушение крепи, завалы, выброс газов		Ударная волна, механическое воздействие обрушающимися породами, углем	
Эндогенный пожар	Выработанное пространство, действующие, проводимые выработки по углю, пересекающие угольные пласты	В динамике	Возгорание крепи действующих выработок, повышенное выделение метана	Токсичные дымовые газы, термическое воздействие
Экзогенный пожар	Действующие выработки		Возгорание крепи действующих выработок	
Массовое обрушение угля, породы	Очистные подготовительные забои	Скоротечно	Разрушение крепи, завалы горных выработок	Ударная волна, механическое воздействие
Прорыв глины	Очистные забои на крутом падении до третьего горизонта включительно		Заполнение выработок глиной с разрушением крепи	Механическое воздействие
Прорыв воды	Забои подготовительных выработок, очистные забои, выработки с поверхности		Разрушение крепи, затопление горных выработок	Механическое воздействие, затопление

кислорода в воздухе) при переключении работников шахт в резервные самоспасатели в аварийных ситуациях. Кроме того, он может применяться в случаях, указанных в п. 56 ПБ 05-618-03 в качестве передвижного спасательного пункта.

Пункт переключения в резервные самоспасатели представляет собой металлическую конструкцию, состоящую из модулей трех типов: входного, выходного и промежуточного. Количество промежуточных модулей определяется исходя из численности самой многочисленной смены, работающей на потенциально опасном участке.

Модули соединяются между собой герметично, концевые модули имеют герметично закрывающиеся двери. Герметичное соединение секций между собой создается за счет уплотнителя в виде резинового шнура. Концевые модули ППРС служат как для переключения в резервный самоспасатель, так и для входа (входной модуль) и выхода (выходной модуль). Концевые модули оборудуются герметическими дверями, открывание которых происходит вручную.

На каждом модуле имеются ячейки для резервных самоспасателей, емкость для использованных

самоспасателей, источник свежего воздуха. Кроме того, в модулях на уровне головы переключающегося в резервные самоспасатели установлены камеры обдува, открытые с фронтальной стороны, каждая из которых соединена с источником свежего воздуха через кран, открывающийся ножным приводом (педалью).

В качестве источника свежего воздуха применяется баллон для сжатого воздуха вместимостью 40 л по ГОСТ 949—73, наполненный воздухом, состав которого соответствует гигиеническим требованиям ГОСТ 12.1.005—88 ССБТ "Воздух рабочей зоны. Основные требования".

Все оборудование расположено на одной стороне в целях освобождения прохода. На противоположной стороне прикреплены раскладные скамейки, используемые в исключительных случаях для отдыха во время переключения.

Подача воздуха в камеру для создания воздушного душа осуществляется путем нажатия на педаль ножного привода. Возврат педали в исходное положение и закрытие крана подачи воздуха осуществляется автоматически возвратной пружиной, установленной на тяге привода.



Контроль наличия сжатого воздуха осуществляется по показаниям манометров, установленных на баллоне.

Рабочие, занятые на подземных работах, заходят в пункт переключения, становится напротив камеры обдува, помещает голову в область подачи свежего воздуха, нажимают ногой на педаль. После нажатия педали голова переключающегося в резервные самоспасатели оказывается в зоне действия воздушного душа, под защитой которого горнорабочий снимает использованный самоспасатель, включается в резервный и идет к выходу. После снятия ноги с педали подача воздуха в камеру обдува прекращается, следующий человек занимает освобожденное место. Общее количество работников, одновременно находящихся в ППРС, не должно превышать количество камер обдува.

Техническая характеристика ППРС

Количество самоспасателей	
в одном модуле	12
Количество баллонов сжатого воздуха в одном модуле	1
Количество воздуха в одном баллоне, м ³	6,3 (6300 л)
Расчетное количество воздуха на одного человека, л	300
Время переключения в резервный самоспасатель, с	40
Расчетное количество переключений в одном модуле	10
Время заполнения камеры обдува дыхательной смесью, с	8
Избыточное давление в камере обдува, МПа, не менее	0,0001
Количество человек, одновременно переключающихся в модуле . .	1
Габаритные размеры модуля, мм . .	200 × 1200 × 1400
Масса (без баллонов для сжатого воздуха), кг	320

После выхода из ППРС переключенный в резервный самоспасатель горнорабочий должен двигаться по маршруту выхода из аварийного участка (согласно Плану ликвидации аварий) в спокойном состоянии, в свойственном каждому ритме и скорости движения, не затрудняя дыхания быстрой ходьбой.

Пункт переключения в резервные самоспасатели не имеет аналогов в мировой практике и защищен в Федеральном институте патентной собственности (ФИПС) четырьмя патентами на полезную модель. Изделие сертифицировано, на него получен сертификат соответствия № РОСС R.H.AE 55H 000063. Федеральная служба по экологическому, технологи-

ческому и атомному надзору выдала разрешение № РСС 00-26593 на применение ППРС в угольных шахтах, в том числе опасных по газу и пыли. ППРС применяется на длинных выемочных полях шахт Кузбасса. Основным достоинством ППРС является многократность применения, мобильность. Он легко транспортируется по монорельсовому пути как отдельными модулями, так и в собранном в блок виде.

В настоящее время в ЗАО "МАНЭБ" разработана "Бокс-база для горноспасателей" (пункт переключения в резервные респираторы), устанавливаемая в горных выработках, время прихода и выхода из которых при разведке превышает время защитного действия респираторов четырехчасового действия. Изделие предназначено для защиты органов дыхания горноспасателей, находящихся в загазированной атмосфере, и создания комфортных условий во время отдыха отделения военизированной горноспасательной части и его переключения в резервные респираторы, а также для оказания первой медицинской помощи пострадавшим в шахте. Конструкция "Бокс-базы для горноспасателей" защищена патентом на полезную модель.

Необходимость защиты людей и обеспечение ее при авариях, связанных со вспышками, взрывами метана, наиболее актуально для шахт пологого падения, длина выемочных полей на которых достигает 3 км, а в перспективе и более, и на которых в последние годы произошли аварии с массовой гибелью людей.

На шахтах крутого падения выемочные поля вскрываются с промежуточных квершлагов и их длина, как правило, не превышает 300 м и, соответственно, расстояние от забоя до выработок со свежей струей воздуха незначительно. В условиях крутого падения наклонные и горизонтальные выработки сопрягаются между собой под различными углами, чем обеспечивается гашение взрывной волны, снижение термического воздействия.

Проверки состояния уровня охраны труда и промышленной безопасности на угольных шахтах подтверждают практически повсеместное невыполнение требований пунктов 51 и 56 "Правил безопасности в угольных шахтах". Применение такого средства коллективной защиты как пункта переключения в резервные самоспасатели в непосредственной близости от производства горных работ обеспечит выполнение требований правил безопасности, а также комплексную защиту органов дыхания работающих под землей в аварийных ситуациях при образовании атмосферы, непригодной для дыхания.



УДК 552.5

Д. Е. Иванов, В. Б., Кондратьев, д-р техн. наук, М. А. Викентьева, А. В. Сметанин, канд. техн. наук, О. В. Полехина, канд. техн. наук, Т. Н. Швецова-Шиловская, д-р техн. наук, ФГУП "ГосНИИОХТ", Москва, e-mail: th56@narod.ru

Аттестация рабочих мест по условиям труда на объектах по уничтожению химического оружия

Процедура проведения аттестации, анализ результатов аттестации предполагают сбор и обработку большого объема информации. Для решения этой задачи и облегчения работы с большими объемами информации разработан программный комплекс "Аттестация". Аттестация рабочих мест по условиям труда на объектах по уничтожению химического оружия выполняется в соответствии с требованиями Российского законодательства и с использованием разработанного программного комплекса.

Ключевые слова: аттестация рабочих мест, аттестационные карты, условия труда, программный комплекс.

Ivanov D. E., Kondrat'ev V. B., Vikent'eva M. A., Smetanin A. V., Polekhina O. V., Shezova-Shilovskaya T. N. Certification of workplaces on working conditions on chemical weapon destruction facility

Procedure of carrying out of certification, the analysis of results of certification assumes gathering and processing of great volume of the information. The program complex "Certification" is developed for the decision of this problem and simplification of work with great volumes of the information. Certification of workplaces on working conditions on objects on destruction of the chemical weapon is carried out according to requirements of the Russian legislation and with use of the developed program complex.

Keywords: certification of workplaces, attestative cards, working conditions, a program complex.

Аттестация рабочих мест по условиям труда на объектах по уничтожению химического оружия ОУХО должна проводиться в соответствии с Российским законодательством [1—6].

Аттестация рабочих мест представляет собой систему анализа и оценки рабочих мест, проводимую в целях принятия мер, направленных на укрепление здоровья и повышение безопасности работ-

ников, на информирование работников об условиях труда, сертификацию производственных мощностей, обеспечение или изменение прав работников, выполняющих тяжелые работы или работающих во вредных и опасных условиях, на получение льгот и компенсаций.

Аттестация рабочих мест является одним из основных направлений охраны труда. В соответствии с Трудовым кодексом РФ (статья 212) работодатель отвечает за проведение аттестации рабочих мест с последующей сертификацией работ и операций, выполняемых на предприятии в целях охраны труда. В действительности аттестация является оценкой условий труда на определенную дату с тем, чтобы выявить нарушения в условиях труда и противоречия государственным требованиям, зафиксированным в законодательстве, а также для разработки и осуществления мер, направленных на совершенствование условий труда.

Проблема оценки рабочих мест с точки зрения их безопасности (опасности) для здоровья работников актуальна в связи с тем, что оценочные показатели состояния условий труда на рабочих местах являются основанием для установления различного рода льгот работникам и предприятию в целом, а также для определения приоритетности вложения средств организаций на проведение мероприятий по улучшению состояния производственной среды, снижения тяжести и напряженности трудовых процессов. Дополнительная специфическая задача аттестации рабочих мест по условиям труда — обосновать необходимый перечень средств индивидуальной защиты (СИЗ), которые могут быть выданы работнику как дежурные, учитывая климатические зоны.

Аттестация рабочих мест проводится в три этапа.

1. Проведение подготовительных работ по аттестации рабочих мест:

— подготовка проектов документов по проведению аттестации рабочих мест;



— группировка рабочих мест и составление списка рабочих мест;

— определение вредных и опасных факторов производственной среды;

— сбор первичных материалов для формирования карт аттестации.

2. Проведение замеров и оценки факторов, составление протоколов замеров:

— вредных и опасных факторов производственной среды;

— тяжести и напряженности трудового процесса;

— травмобезопасности рабочих мест;

— обеспеченности СИЗ.

3. Подготовку и оформление документов по аттестации рабочих мест:

— карт аттестации рабочих мест по соответствующей утвержденной форме;

— сводных ведомостей по подразделениям и предприятию в целом;

— проекта плана мероприятий по улучшению условий труда;

— проекта заключения по итогам аттестации рабочих мест на предприятии.

Что дает аттестация рабочих мест?

— Обоснование льгот и компенсаций за работы с опасными и вредными условиями труда.

— Снижение налогов на фонд заработной платы сотрудников предприятия по результатам аттестации рабочих мест.

— Получение скидок (до 40 %) к страховым тарифам, оплачиваемым организацией по обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве.

— Обоснование расходов, необходимых для дополнительного улучшения условий труда работающих (дополнительная спецодежда, средства защиты и пр.) с отнесением этих затрат на себестоимость продукции.

— Отсутствие претензий о невыполнении законодательства РФ (статья 212 Трудового кодекса РФ).

— Получение положительного решения пенсионных фондов по льготным пенсиям работников организации.

— Если в процессе аттестации выяснится, что для улучшения условий труда и сохранения здоровья работников требуется приобретение приборов контроля, прохождение медосмотров или лечение, то это можно сделать за счет средств фонда социального страхования (ФСС) (предприятие, согласно постановлению Правительства РФ № 360 от

07.06.2005 может вернуть на эти цели до 20 % средств, перечисляемых им в ФСС).

— При наличии аттестации рабочего места администрация и служба охраны труда снимают с себя значительную часть ответственности при несчастном случае.

— Получение лицензий на отдельные виды деятельности.

— Аттестация рабочих мест по условиям труда является основой сертификации работ по охране труда, что станет обязательным для успешной конкуренции после вхождения России в Всемирную торговую организацию (ВТО).

По результатам аттестации рабочих мест и анализа состояния охраны труда с учетом разработанных корректирующих мероприятий предприятиям выдается сертификат соответствия работ по охране труда сроком на три года.

Сертификация работ по охране труда в организациях — процедура подтверждения соответствия, посредством которой независимая организация удостоверяет в письменной форме, что проводимые работы по охране труда в организации соответствует установленным государственным нормативным требованиям охраны труда (Постановление Министерства труда и социального развития РФ от 24.04.2002 г. № 28 "О создании Системы сертификации работ по охране труда в организациях").

Процедура проведения аттестации, анализ результатов аттестации предполагают сбор и обработку большого объема информации. Если этот факт не учтен, процедура работы с информацией может оказаться чрезмерно затянутой, дорогостоящей и неэффективной. Для решения этой задачи и облегчения работы с большими объемами информации разработан программный комплекс "Аттестация", который позволяет автоматизированно обрабатывать результаты аттестации рабочих мест по условиям труда, осуществлять просмотр, поиск, редактирование, документирование аттестационных карт и формировать разные формы отчетности по аттестации рабочих мест.

Программа представляет собой систему управления базой данных (СУБД) и предназначена для работы с базой данных аттестационных карт. В качестве базы данных используется "Microsoft Access". Среда разработки "Borland Delphi 7". Для создания установочного комплекта использовался программный модуль "Inno Setup 5". Главное окно программы приведено на рис. 1.

Программа предоставляет пользователю два режима работы: просмотр и поиск; редактирование.

Режим "Просмотр и поиск" позволяет просматривать аттестационные карты (данные, записи), а также осуществлять поиск (отбор) по заданным критериям. Кроме того, этот режим позволяет осуществлять экспорт в "Microsoft Word", печать по шаблону и создание полного отчета (на основании Порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда, утвержденному постановлением Минздравсоцразвития России от 31 августа 2007 г. № 569).

Окно "Просмотр и поиск" содержит главное меню, сокращенное и расширенное отображение аттестационных карт, критерии поиска (отбора) записей. Окно режима "Просмотр и поиск" приведено на рис. 2.

В верхней части окна отображаются аттестационные карты в сокращенном формате. В нижней части окна расположены расширенное отображение аттестационных карт, критерии поиска и количество записей в базе данных (см. рис. 2).

Кроме того, программа позволяет перейти в режим "Сводные отчеты", который позволяет сформировать следующие отчеты:

— Ведомость рабочих мест и результатов их аттестации по условиям труда в подразделении.

— Сводная ведомость рабочих мест и результатов их аттестации по условиям труда.

— Сводная таблица численности персонала и результатов аттестации рабочих мест. Окно режима "Сводные отчеты" приведено на рис. 3.

Окно "Сводные отчеты" содержит список возможных ва-

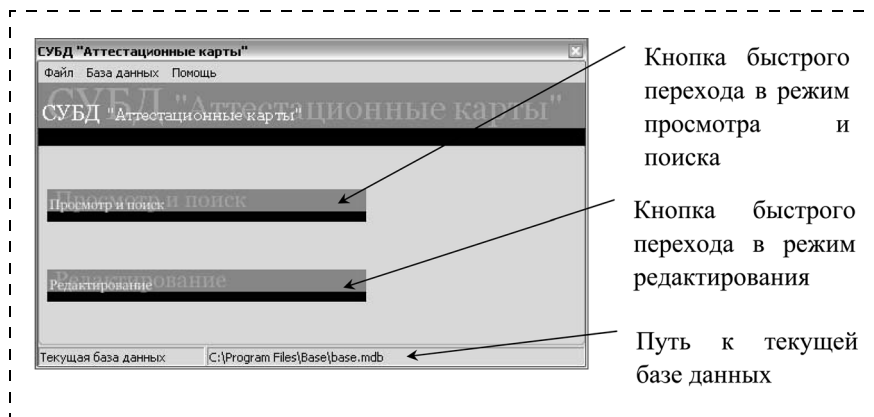


Рис. 1. Главное окно программы

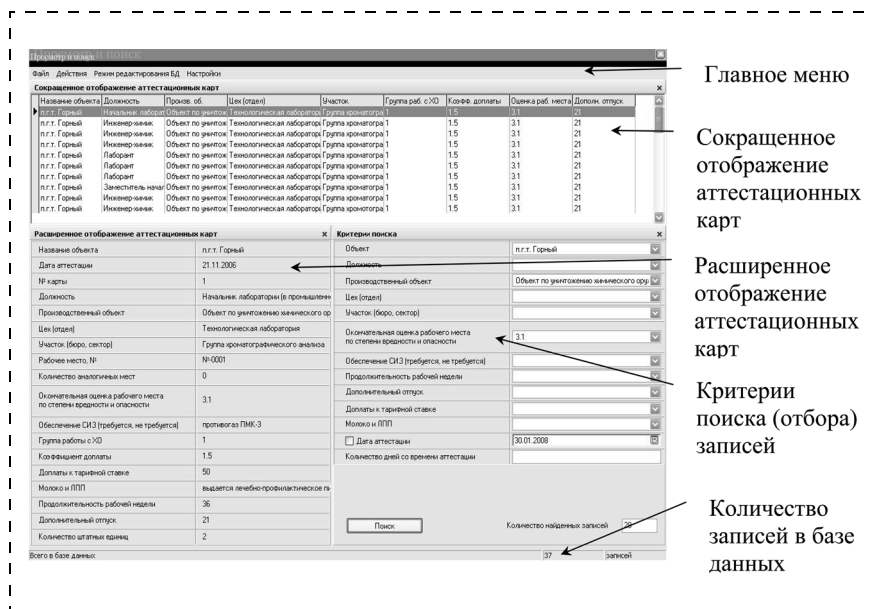


Рис. 2. Окно режима "Просмотр и поиск"

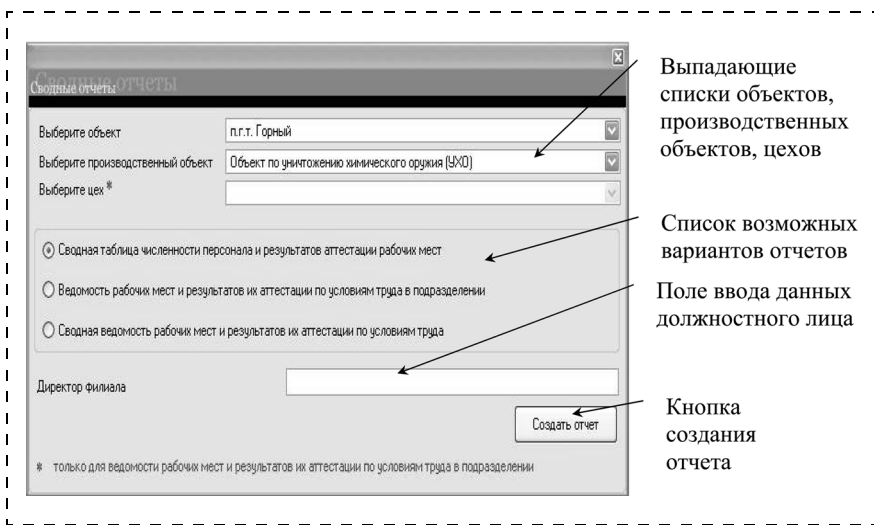


Рис. 3. Окно режима "Сводные отчеты"



риантов отчетов, а также три выпадающих списка (см. рис. 3): 1) выберите объект; 2) выберите производственный объект; 3) выберите цех. Последний из выпадающих списков предназначен для создания ведомости рабочих мест и результатов их аттестации по условиям труда в конкретном цехе. Фрагменты результата работы программы представлены в табл. 1—2.

Табл. 1 "Сводная ведомость рабочих мест (РМ) и результатов их аттестации по условиям труда в отделении" — соответствует приведенной в постановлении.

Табл. 2 "Сводная таблица численности персонала и результатов аттестации рабочих мест (РМ) филиа-

ла ФГУП "ГосНИИОХТ" — учитывает специфику ОУХО и содержит информацию об аттестуемых рабочих местах и условиях труда на них, о количестве персонала, работающего на аттестованных рабочих местах по каждому подразделению с учетом группы работ с химическим оружием (ХО) [5, 6].

По результатам аттестации рабочих мест по условиям труда аттестационной комиссией с учетом предложений, поступивших от подразделений организации, отдельных работников, разрабатывается План мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда в организации. Он должен предусматривать мероприятия по улучшению техники и технологии, применению средств индивидуальной

Таблица 1

Сводная ведомость рабочих мест (РМ) и результатов их аттестации по условиям труда в отделении ФГУП "ГосНИИОХТ"

Рабочее место			Количество работников, занятых на этих РМ	Количество РМ с классами условий труда			Обеспеченность СИЗ в соответствии с нормами выдачи	Результаты аттестации, количество РМ	
Наименование профессии, должности	Количество РМ	Порядковый номер карты		оптимальными и допустимыми	вредными и опасными			аттестовано	условно аттестовано
				1 и 2	3.1	3.2			
Лаборатория по контролю безопасности производства									
Заместитель начальника лаборатории (в промышленности)	2	111	1	—	+	—	Обеспечено	—	2
Инженер-химик	2	17	4	—	+	—	Обеспечено	—	2
Лаборант	3	18	2	—	+	—	Обеспечено	—	3
Отделение обработки СИЗ									
Аппаратчик отделения СИЗ	1	75	1	—	—	+	Обеспечено	—	1
Ремонтно-механическая служба									
Слесарь-ремонтник	1	43	1	—	—	+	Обеспечено	—	1
Технологическая лаборатория									
Инженер-химик	2	10	2	—	+	—	Обеспечено	—	2
Технологический корпус опытных установок									
Аппаратчик установки опытного производства	1	27	1	—	—	+	Обеспечено	—	1
Управление									
Заместитель начальника производства (по аналитической службе)	1	95	2	—	+	—	Обеспечено	—	1
Начальник отдела ОТ и ТБ	1	105	3	—	+	—	Обеспечено	—	1
Юрисконсультант	1	108	1	+	—	—	Обеспечено	1	—
Итого	15	—	18	1	6	3	—	1	14



Таблица 2

Сводная таблица численности персонала и результатов аттестации рабочих мест (РМ) филиала ФГУП "ГосНИИОХТ"

Наименование подразделения	Количество должностей по штатному расписанию	Количество РМ, подлежащих аттестации	Количество работающих по списочному составу	Количество аттестованных РМ (№ разрешительного документа)	Количество человек, работающих на аттестованных РМ
	Всего/по 1 группе работ с ХО/по 2 группе работ с ХО/с коэффиц. 1				
Лаборатория по контролю безопасности производства					
Лаборатория по контролю безопасности производства	24/24/0/0	20/20/0/0	24/24/0/0	20/20/0/0	24/24/0/0
Итого по "Лаборатория по контролю безопасности производства"	24/24/0/0	20/20/0/0	24/24/0/0	20/20/0/0	24/24/0/0
Отделение обработки СИЗ					
Отделение обработки СИЗ	5/5/0/0	3/3/0/0	5/5/0/0	3/3/0/0	5/5/0/0
Участок спецобработки СИЗ	1/1/0/0	1/1/0/0	1/1/0/0	1/1/0/0	1/1/0/0
Итого по "Отделение обработки СИЗ"	6/6/0/0	4/4/0/0	6/6/0/0	4/4/0/0	6/6/0/0
Ремонтно-механическая служба					
Ремонтно-механическая мастерская	1/1/0/0	1/1/0/0	1/1/0/0	1/1/0/0	1/1/0/0
Итого по "Ремонтно-механическая служба"	1/1/0/0	1/1/0/0	1/1/0/0	1/1/0/0	1/1/0/0
Технологическая лаборатория					
Группа хроматографического анализа	21/21/0/0	21/21/0/0	21/21/0/0	21/21/0/0	21/21/0/0
Группа хроматографического анализа (грязная)	9/9/0/0	8/8/0/0	9/9/0/0	8/8/0/0	9/9/0/0
Итого по "Технологическая лаборатория"	30/30/0/0	29/29/0/0	30/30/0/0	29/29/0/0	30/30/0/0
Технологический корпус опытных установок					
Технологические установки	19/19/0/0	9/9/0/0	19/19/0/0	9/9/0/0	19/19/0/0
Итого по "Технологический корпус опытных установок"	19/19/0/0	9/9/0/0	19/19/0/0	9/9/0/0	19/19/0/0
Управление					
Управление	11/10/0/1	5/4/0/1	11/10/0/1	5/4/0/1	11/10/0/1
Итого по "Управление"	11/10/0/1	5/4/0/1	11/10/0/1	5/4/0/1	11/10/0/1
Итого по филиалу	91/90/0/1	67/66/0/1	91/90/0/1		91/90/0/1

Примечание. Эта сводная таблица содержит также графы о количестве РМ, требующих дополнительной аттестации, и количестве человек, работающих на неаттестованных РМ (в данном примере нет таковых).

и коллективной защиты, оздоровительные мероприятия, а также мероприятия по охране и организации труда. Это напрямую связано с проблемой обеспечения безопасности при работе на объектах по уничтожению химического оружия.

Таким образом, аттестация рабочих мест по условиям труда на объектах по уничтожению химического оружия выполняется в соответствии с требованиями Российского законодательства и с использованием разработанного программного комплекса.

Список литературы

1. **Постановление** Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 31.08.2007 г. № 569 "Об утвержде-

нии Порядка проведения аттестации рабочих мест по условиям труда".

2. **Гигиенические критерии** оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса, утвержденные Госкомсанэпиднадзором России 12.07.1994 г., Руководство — Р 2.2.013—94.
3. **ГОСТ Р 12.0.006—2002 ССБТ.** Система стандартов безопасности труда. Общие требования к управлению охраной труда в организации.
4. **Федеральный закон** от 17.07.99 г. № 181-ФЗ "Об основах охраны труда в Российской Федерации".
5. **Постановление** Правительства Российской Федерации от 29.03.02 г. № 187 "Об оплате труда граждан, занятых на работах с химическим оружием" (с изменениями от 08.08.2003 г.).
6. **Постановление** Правительства Российской Федерации от 29.03.02 г. № 188 "Об утверждении списков производств, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право гражданам, занятым на работах с химическим оружием, на меры социальной поддержки".

УДК 622.807.1:622.807.2

В. И. Беспалов, д-р техн. наук, проф., **И. И. Евтушенко**,
Ростовский государственный строительный университет,
e-mail: a.evtushenko@mail.ru

К вопросу взаимосвязи аэрогидродинамического режима и физико-химических свойств жидкости при обеспыливании ленточных конвейеров орошением

Рассмотрены вопросы взаимосвязи аэродинамического режима реализации низконапорного орошения и физико-химических свойств жидкостного аэрозоля, определяющие эффективность применения добавок химических веществ к орошающей жидкости.

Ключевые слова: орошающая жидкость, аэродинамический режим движения.

Bespalov V. I., Evtushenko I. I. *To the question of interrelation of the aerohydrodynamic mode and physical and chemical properties of the liquid at obespylivaniy tape conveyors the irrigation*

In article questions of interrelation of an aerodynamic mode of realisation nizkonapornogo an irrigation and physical and chemical properties liquid the aerosol, applications of additives of chemical substances defining efficiency to an irrigating liquid are considered.

Keywords: an irrigating liquid, an aerodynamic mode of movement.

Физический механизм обеспыливания низконапорным орошением базируется на комплексе взаимосвязанных условий, в которых реализуется процесс обеспыливания: аэродинамических явлений в зоне орошения, технологий производственного процесса и реализации орошения, а также физико-химических характеристик пылевого материала и орошающей жидкости.

Основой математического описания рассматриваемого процесса является физическое единство его механизмов в совокупности с внешними условиями. В качестве исходных параметров выбраны следующие характеристики:

1. **Свойства пылевого материала:** плотность $\rho_{\text{п}}$, кг/м³; средний медианный диаметр пылевых частиц $D_{\text{п}}$, м; краевой угол смачивания θ , град.

2. **Свойства воздушной среды в зоне обеспыливания:** плотность воздуха $\rho_{\text{в}}$, кг/м³; динамическое давление пылевоздушного потока в зоне орошения $H_{\text{пт}}$, Па; скорость пылевоздушного потока в зоне

орошения — $V_{\text{пт}}$, м/с; эквивалентный диаметр зоны орошения при движении пылевоздушного потока в частично замкнутых объемах производственных помещений, устройств, аппаратов и т. п. $d_{\text{в}}$, м; температура воздуха $t_{\text{в}}$, °С.

3. **Технологические параметры реализации низконапорного орошения:** давление жидкости перед оросителем $H_{\text{н}}$, Па; диаметр сопла оросителя $d_{\text{с}}$, м; коэффициент расхода сопла оросителя μ ; длина активной зоны факела орошения $h_{\text{ф}}$, м; корневой угол раскрытия факела орошения α , град.

4. **Физико-химические свойства орошающей жидкости:** состав орошающей жидкости—Вода, Вода—ПАВ, Вода—высокомолекулярные соединения (ВМС), Вода—ПАВ—ВМС (с учетом общепринятых концентрационных пределов использования добавок [1]); поверхностное натяжение на границе раздела "жидкость—газ" $\sigma_{\text{жг}}$, Дж/м²; поверхностное натяжение адсорбционного слоя σ , Дж/м²; плотность орошающей жидкости $\rho_{\text{ж}}$, кг/м³; электрозаряженность факела орошения $q_{\text{э}}$, Кл/кг.

При уточнении математического описания процесса обеспыливания воздуха низконапорным орошением приняты следующие допущения:

— краевой угол смачивания θ принят в качестве характеристики пылевого материала;

— корневой угол раскрытия факела орошения α принят независимым от давления орошающей жидкости;

— зависимость длины активной зоны факела орошения $h_{\text{ф}}$ от давления орошающей жидкости принята линейной;

— в расчетах принят монодисперсный характер пылевого и жидкостного аэрозолей;

— электрозаряженность жидкостного аэрозоля принята определяющей в процессе электростатического взаимодействия с пылевыми частицами.

Принятые допущения не оказывают существенного влияния на точность описания основных закономерностей протекания процесса обеспыливания низконапорным орошением.

Режимные параметры реализации орошения, в том числе и низконапорного, определяются прежде всего располагаемым давлением жидкости перед



оросителем. В силу этого математическое описание процесса низконапорного орошения целесообразно начать с определения расхода орошающей жидкости, соответствующего заданному давлению. Величина расхода определяется по уравнению неразрывности жидкостного потока:

$$Q_H = 0,785\mu d_c^2 (0,002gH_H)^{1/2}, \quad (1)$$

где μ — коэффициент расхода сопла оросителя, зависящий от типа оросителя и учитывающий потери энергии жидкостного потока при истечении из него; d_c — диаметр сопла оросителя, м; H_H — давление орошающей жидкости перед оросителем, Па.

Поскольку коэффициент μ в формуле (1) учитывает потери энергии жидкостного потока как внутри оросителя, так и при истечении из него, рассчитываемую скорость капли можно считать усредненной. При реализации орошения в больших производственных объемах, характеризующихся ограниченной подвижностью пылевоздушного потока ($v_{пт} < 1,5$ м/с), скорость капли (м/с) можно рассчитать по формуле:

$$v_k = \frac{1,27 Q_H}{d_c^2}. \quad (2)$$

В случае, если значение скорости пылевоздушного потока $v_{пт}$ выше 1,5 м/с (случай реализации орошения в камерах орошения, воздуховодах, аппаратах, устройствах и т. п.), скорость капли v_k необходимо определять с учетом относительного влияния величины и направления скорости пылевоздушного потока. В частности:

— при спутном движении пылевого и жидкостного аэрозолей:

$$v_k = \begin{cases} \frac{1,27 Q_H}{d_c^2} & \text{при } v_k \geq v_{пт}, \\ 0,5 \left(\frac{1,27 Q_H}{d_c^2} + \left(\frac{2gH_{пт}}{\rho_B} \right)^{1/2} \right) & \text{при } v_k < v_{пт}; \end{cases} \quad (3)$$

— при встречном движении пылевого и жидкостного аэрозолей:

$$v_k = \begin{cases} \frac{1,27 Q_H}{d_c^2} - \left(\frac{2gH_{пт}}{\rho_B} \right)^{1/2} & \text{при } v_k > 1,3v_{пт} \\ \left(\frac{2gH_{пт}}{\rho_B} \right)^{1/2} & \text{при } 0,7v_{пт} \leq v_k \leq 1,3v_{пт} \\ \left(\frac{2gH_{пт}}{\rho_B} \right)^{1/2} - \frac{1,27 Q_H}{d_c^2} & \text{при } v_k < 0,7v_{пт}, \end{cases} \quad (4)$$

где 0,7 и 1,3 — коэффициенты, учитывающие перераспределение энергии между фазами при совместном движении пылевого и жидкостного аэрозолей; ρ_B — плотность воздуха, кг/м³.

Полученные зависимости средних скоростей движения капель (выражения (3), (4)) учитывают аэрогидродинамические характеристики процесса низконапорного орошения. При этом особый интерес представляет встречное движение (выражение 4), которое при определенных внешних условиях может трансформироваться в спутное движение пылевого и жидкостного аэрозолей.

Как показано в работе [2], аэрогидродинамические характеристики процесса обеспыливания при определенных условиях могут вызывать внутрикапельные процессы, приводящие к изменению скорости движения капель, а при других — их деформацию и дробление. В связи с этим для условий низконапорного орошения следует четко разграничивать два качественно различных режима распространения жидкостного аэрозоля, границей между которыми является критическая скорость (м/с):

$$v_{кр} = \sqrt{\frac{2\sigma_{жг}}{D_k \rho_B}}. \quad (5)$$

Причем, проявление различий между режимами во многом зависит от состава орошающей жидкости.

Для режима $v_k < v_{кр}$ характерна относительная стабильность формы капель. Средний поверхностно-объемный диаметр капли (м) в этом случае определяется по формуле [3]:

$$D_k = \frac{0,147(d_c/\text{tg}(\alpha/2))^{1/2}}{H_H^{1/3}}. \quad (6)$$

При условии сохранения равновесной формы капель присутствие ПАВ вызывает эффект "торможения" [2], увеличивая тем самым плотность факела орошения при неизменном расходе жидкости, что увеличивает эффективность захвата пылевых частиц. Добавки ВМС, увеличивая вязкость жидкости, уменьшают ее внутрикапельную циркуляцию, поэтому эффект "торможения" снижается. Количественно эффект "торможения" учитывается через поправочный коэффициент ε к скорости жидкостного аэрозоля, определяемой по выражению (2):

$$v_k^{\text{расч}} = \varepsilon v_k. \quad (7)$$

Средние расчетные значения коэффициента торможения представлены в таблице.

С ростом относительных скоростей движения (при $v_k > v_{кр}$) начинает проявляться пульсация формы капель, наблюдается высокая нестабильность



Значения коэффициента торможения ϵ

Состав орошающей жидкости			
Вода	Вода-ПАВ	Вода-ВМС	Вода-ПАВ-ВМС
0,42	0,33	0,38	0,38

поверхностных слоев. При этом скорость капли, рассчитанная в соответствии с выражением (2), берется без изменения, а учет деформации формы капли производится через эквивалентный диаметр (м) [4]:

$$D_k^{\text{ЭКВ}} = D_k \sqrt{\chi}, \quad (8)$$

где χ — динамический коэффициент формы; для продолговатых и вытянутых тел $\chi = 3$.

Пульсация формы капель и нестабильность их поверхностных слоев при $v_k > v_{\text{др}}$ приводят к явлению их вторичного дробления в воздушном потоке. Величина скорости дробления (м/с) может быть определена методами теории подобия:

$$v_{\text{др}} = \sqrt{\frac{2We_{\text{др}}\sigma'_{\text{жг}}}{D_k^{\text{ЭКВ}}\rho_v}}, \quad (9)$$

где $\sigma'_{\text{жг}}$ — поверхностное натяжение адсорбционного слоя капли, Дж/м²; $We_{\text{др}}$ — значение критерия Вебера, при котором наблюдается вторичное дробление капель в воздушном потоке.

Поскольку капля начинает распадаться при появлении отрывного течения и срыве поверхностного слоя в ее кормовой части, в выражении (9) в качестве энергетической характеристики поверхности капли использовано поверхностное натяжение адсорбционного слоя $\sigma'_{\text{жг}}$, которое зависит от состава орошающей жидкости.

Учитывая большое влияние механизмов деформации и дробления капель на захват пылевых частиц, при математическом описании процесса обес-

пыливания орошением необходимо предусмотреть дифференцированный подход к определению величины $We_{\text{др}}$ в выражении (9). В частности, при скоростях пылевоздушного потока $v_{\text{пт}}$ до 1,5 м/с имеет место статическая деформация капли и максимальная величина $We_{\text{др}} = 10$. При внезапно приложенной нагрузке (скорость пылевоздушного потока $v_{\text{пт}}$ более 1,5 м/с, встречное движение пылевого и жидкостного аэрозолей) значение критерия Вебера минимально $We_{\text{др}} = 7$. В переходной области внешних аэродинамических нагрузок (скорость пылевоздушного потока $v_{\text{пт}}$ более 1,5 м/с, спутное движение пылевого и жидкостного аэрозолей) необходимо принять некоторое среднее значение критерия Вебера $We_{\text{др}} = 9$.

Таким образом, как видно из математического описания, в основе процесса обеспыливания воздуха низконапорным орошением находится тесная взаимосвязь аэрогидродинамического режима движения капель, пылевоздушного потока и физико-химических свойств, определяемых составом орошающей жидкости. Полученные зависимости значительно облегчают оптимизацию отдельных параметров орошения, а также открывают возможность целенаправленного совершенствования способа в целом с учетом всего многообразия определяющих его явлений.

Список литературы

1. Кудряшов В. В. Научные основы гидрообеспыливания шахт Севера. — М.: Наука, 1984. — 264 с.
2. Саранчук В. И., Журавлев В. П., Страхова Н. А. и др. Моделирование и проектирование систем гидрообеспыливания. — Киев: Наукова думка, 1990. — 132 с.
3. Саранчук В. И., Качан В. Н., Рекун В. В. и др. Физико-химические основы гидрообеспыливания и предупреждения взрывов угольной пыли. — Киев: Наукова думка, 1984. — 216 с.
4. Ужов В. Н., Вальдберг А. Ю., Мягков Б. И. и др. Очистка промышленных газов от пыли. — М.: Химия, 1981. — 392 с.

ИНФОРМАЦИЯ

Международная выставка и конференция

"АтомЭко—2009: Ярмарка инновационных проектов в области обращения с радиоактивными и промышленными отходами, переработки отработавшего ядерного топлива, экологической реабилитации загрязненных территорий и переработки техногенных месторождений и отвалов"

29—30 октября 2009 года, Москва

Контакты: Третьякова Ольга,

Центр "Атом-инновации".

Тел./факс: +7 (495) 662-69-99.

E-mail: ot@runtech.ru www.runtech.ru



УДК 622.691.4.053

Э. В. Бурдинский¹, А. В. Фуркин², В. Н. Юшманов¹, А. М. Пушкарев³,

¹ ООО "Газпром трансгаз Ухта"

² Филиал ДАО "Электрогаз"—"Вологдаэлектрогаз", г. Вологда

³ ООО "ВНИИГАЗ", г. Москва,

e-mail: aginey@mail.ru

Оценка эффективности катодной защиты подземных магистральных трубопроводов в условиях отслаивания покрытия

Показано, что большинство повреждений металла труб магистральных газопроводов формируется в отслаиваниях покрытия. В работе выполнены эксперименты, которые свидетельствуют о низкой эффективности действия катодной защиты металла, находящегося под отслоением изоляционного покрытия. Установлено, что эффективность защиты зависит от расположения места измерения относительно точки затекания среды и электрического тока, силы тока, электрического сопротивления среды.

Ключевые слова: изоляционное покрытие, дефект отслаивания, эффективность катодной защиты, коррозия металла газопроводов.

Burdinsky E. V., Furkin A. V., Uyshmanov V. N., Pushkarev A. M. Rating of efficiency of cathodic protection of underground main pipelines in conditions of defects of adhesion of coverings

It is shown, that the majority of damages of metal of pipes of main gas mains is formed in defect of adhesion coverings. In work experiments which testify to low efficiency of action of cathodic protection of the metal which is taking place under adhesion of an insulating cover are executed. It is shown, that efficiency of protection depends on an arrangement of a place of measurement concerning a point of access environments and an electric current, force of a current, electric resistance of environment.

Keywords: insulating cover, defect of adhesion, efficiency of cathodic protection, corrosion of metal of gaz pipelines.

Россия имеет самую протяженную в мире сеть магистральных газопроводов (МГ) большого диаметра (1220, 1420 мм). Магистральные газопроводы сильно отличаются от прочих металлических сооружений огромной протяженностью и энергетической мощностью, т. е. в них наиболее сильно проявляются масштабные эффекты статистической и энергетиче-

ской природы. По объему упругой энергии, сосредоточенной в металле труб и сжатом газе, газопроводы не имеют себе равных. Но именно это обстоятельство делает их чрезвычайно непредсказуемыми в отношении риска внезапных разрушений.

Статистика показывает, что за последние годы количество аварий на МГ стабильно высокое. Помимо прямого экономического ущерба, аварии наносят экологический вред и связаны с угрозой человеческой жизни. Поэтому задача снижения аварийности на МГ на сегодняшний день является наиболее актуальной при эксплуатации газопроводов.

Перемещение подземного трубопровода относительно окружающего его грунта, а также воздействие давления со стороны последнего являются основными причинами возникновения отслаиваний покрытия. Длительное воздействие катодной поляризации может также приводить к отслаиванию покрытия от трубопровода — "катодному отслаиванию". С отслаиванием покрытия связана наиболее массовая разновидность коррозии газопроводов — "подпленочная коррозия", а также коррозионное растрескивание под напряжением.

В настоящее время проблема "подпленочной коррозии" остается актуальной. До сих пор не ясна роль катодной защиты в месте отслоения покрытия. Одни специалисты считают, что защита катодным током обеспечивается посредством протекания через покрытие (по сути, через переходное сопротивление изоляции) или через среду, которая проникает под отслоившееся покрытие, другие авторы утверждают, что катодная защита не оказывает никакого влияния, третьи полагают, что катодная защита является источником образования коррозионных гальванических пар, т. е. ее действие под покрытием исключительно отрицательное [1—3].

Проблема массовых, локально концентрированных и интенсивных коррозионных повреждений, развитых на участках МГ, имеющих полную защищенность со стороны средств электрохимической защиты, актуальна для различных газотранспортных предприятий.

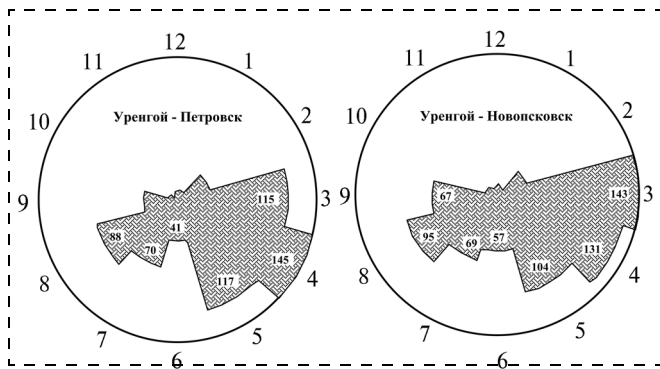


Рис. 1. Пространственное распределение выявленных коррозионных дефектов, обнаруженных на участке 750...850 км МГ Уренгой-Петровск и Уренгой-Новопетровск. Цифрами показано количество дефектов, выявленных в данном часовом секторе

В частности, имеются сведения о специфических распределениях и максимальной концентрации коррозионных дефектов, выявленных внутритрубной дефектоскопией на участке 750...805 км МГ Уренгой — Петровск и Уренгой — Новопетровск ООО "Тюменьтрансгаз" [4]. Авторы работы [4] приводят пространственное распределение выявленных дефектов по окружности трубопровода (рис. 1).

На рисунке видно, что характерным является концентрация дефектов в двух часовых поясах по окружности МГ: 3...4 ч и 7...8 ч, т. е. соответствуют угловому положению преимущественного состояния локального отслоения изоляционного покрытия в виде гофр [5].

Формирование гофр связывают с уплотнением (проседанием) грунта обратной засыпки после строительства трубопровода. Различают отдельные продольные (прямолинейные) и множественные, хаотически расположенные гофры (рис. 2 — см. 2-ю стр. обложки).

Отдельные гофры формируются преимущественно на расстоянии 0...200 мм от продольного сварного шва в часовой ориентации 3...5; 7...9 ч и характеризуются длиной до 10...11 м (длина трубы). Множественные продольные гофры располагаются в нижней части трубы (4...8 ч) и характеризуются небольшой (до 1 м) длиной.

Продольные гофры относят к условно несвязным (так называемым "закрытым") повреждениям. Грунтовая вода проникает в гофр через локальные сквозные нарушения в нахлесте ленты (рис. 3 — см. 2-ю стр. обложки) встречаются на трубах с продольными гофрами на полимерных лентах. Большинство стресс-коррозионных повреждений металла встречается на трубах с продольными гофрами на полимерных лентах.

Радиальные гофры и задиры на стенках ленты образуются при продольном (вдоль траншеи) перемещении трубопровода относительно грунта.

При существующей технологии диагностирования состояния покрытий трубопроводов дефекты в виде отслаивания дистанционными методами с поверхности грунта выявляются.

Для участка трубопровода с отслоившимся покрытием наиболее характерна язвенная коррозия (рис. 4 — см. 2-ю стр. обложки) и совмещение общей и язвенной коррозии: образование одной или множества язв на фоне общей коррозии, а также ручейковая коррозия — коррозия канавочного типа, образующаяся вдоль продольных и кольцевых швов.

Кроме того, ручейковая коррозия появляется в местах образования различного вида гофр с расхождением стыков полимерных изоляционных лент (рис. 5 — см. 3-ю стр. обложки).

При отслаивании покрытия образуются также трещины коррозионного растрескивания под напряжением (КРН) (рис. 6 — см. 3-ю стр. обложки).

Цель рассматриваемого исследования — определить эффективность действия катодного тока в модели отслаивания покрытия, основным критерием которой является поляризационный потенциал поверхности металла относительно коррозионной среды [6]. Для достижения поставленной цели была разработана методика стендовых испытаний трубных образцов в условиях катодной поляризации.

Имитатором поверхности трубы под отслоившимся покрытием служил цилиндрический образец, который с торцов герметизировался заглушками (рис. 7). На поверхности образца искусствен-

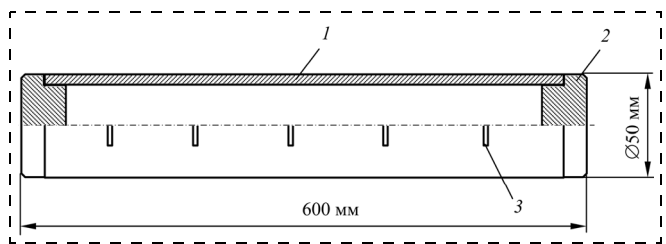


Рис. 7. Эскиз стального образца:

1 — образец; 2 — стальные заглушки; 3 — имитатор гетерогенности поверхности

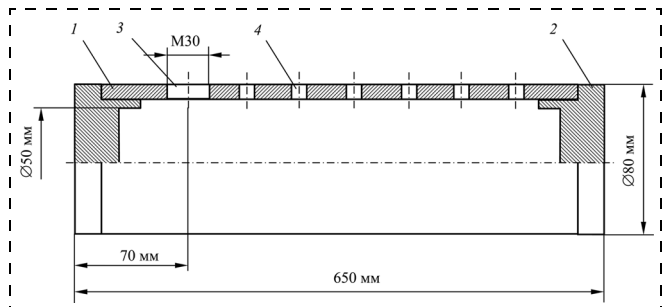


Рис. 8. Эскиз полимерной оболочки:

1 — полимерная оболочка; 2 — заглушка; 3 — имитатор сквозного дефекта; 4 — отверстия для размещения электродов сравнения

но создавалась гетерогенность поверхности в виде фрезерованных канавок и гальванических пар, созданных зачеканиванием разнородных металлов в поверхность образца.

Стальной образец помещался в полимерную оболочку (рис. 8), которая выполнялась из полиэтиленовой трубы. Заглушки 2 предназначены для изоляции внутренней полости оболочки от внешней среды и размещения стального образца строго определенным образом, при этом расстояние между внутренней поверхностью оболочки и внешней поверхностью стального образца должно составлять около 5 мм.

В оболочке предусмотрено отверстие 3 затекания электрического тока катодной защиты в полость оболочки. В это отверстие устанавливают полупроницаемую мембрану: непроницаемую для химически активного раствора и грунтовой воды и пропускающую электрический ток по насыщенным капиллярам.

С целью установки элементов системы измерения поляризационного потенциала на поверхности стального образца в оболочке выполнены 12 резьбовых отверстий 4: шесть на стороне размещения имитатора сквозного дефекта и шесть — на противоположной стороне.

Таким образом, в образце симитировано отслаивание покрытия, в котором имеется возможность измерить поляризационный потенциал поверхности металла, который расположен на различном расстоянии от сквозного дефекта покрытия L (см. рис. 8).

Для измерения поляризационного потенциала под поверхностью оболочки используется схема, изображенная на рис. 9. Измерения проводятся стандартным хлорсеребряным электродом сравнения 1, который последовательно помещается в измерительные ячейки 4. Ячейки с помощью солевых мостиков 5 соединены с капиллярами 6, которые устанавливаются в резьбовые сквозные отверстия, выполненные в оболочке 9. Для соединения стального образца с источником тока используется контактный провод 3. Вольтметр подключается к коммутационному блоку 2, к которому в свою очередь подводится ток от источника питания. Капилляры диаметром 0,1 мм выполнены из оргстекла.

В полость установки заливается 3 %-ный водный раствор KCl, сама установка помещалась в водный 1 %-ный раствор NaCl. Для имитирования действия тока катодной защиты регулируемым источником постоянного тока выполнялась катодная поляризация стального образца относительно внешней среды (раствор NaCl), в которую был погружен стальной анод.

Оценка степени защищенности стального образца под покрытием осуществлялась измерением

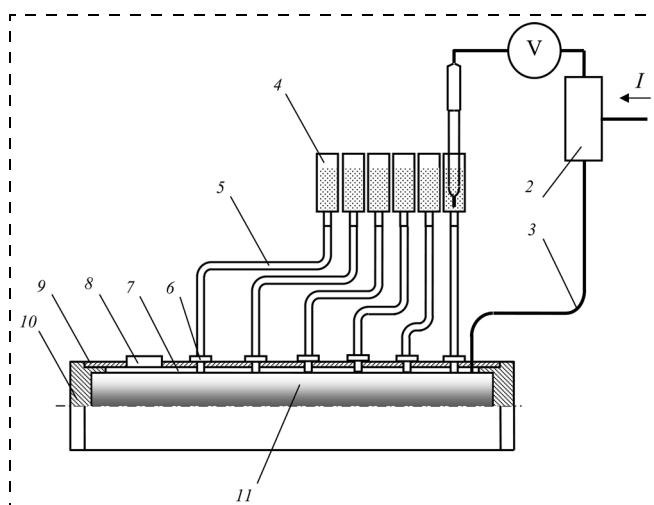


Рис. 9. Схема измерения поляризационного потенциала под поверхностью полимерной оболочки:

1 — электрод сравнения; 2 — коммутационный блок; 3 — питающий провод; 4 — измерительная ячейка; 5 — солевой мостик; 6 — капилляр; 7 — коррозионно-активная среда; 8 — пробка; 9 — полимерная оболочка; 10 — крышка; 11 — стальной образец

поляризационного потенциала поверхности стального образца в точках, удаленных на различные расстояния L от зоны дефекта при различных параметрах поляризующего тока.

Эксперимент заключался в пошаговом увеличении катодного тока и снятии кривых, при этом стабилизация потенциала происходила в течение 25...30 мин.

Напряжение поляризации пошагово увеличивали. Для каждого значения подаваемого напряжения во всех измерительных точках определялся потенциал, и на основании полученных данных выявлялись зависимости потенциала от подаваемого тока, напряжения и расстояния от измерительной точки до дефекта. На основании полученных результатов построены графики, иллюстрирующие распределение поляризационного потенциала в модели дефекта отслаивания (рис. 10).

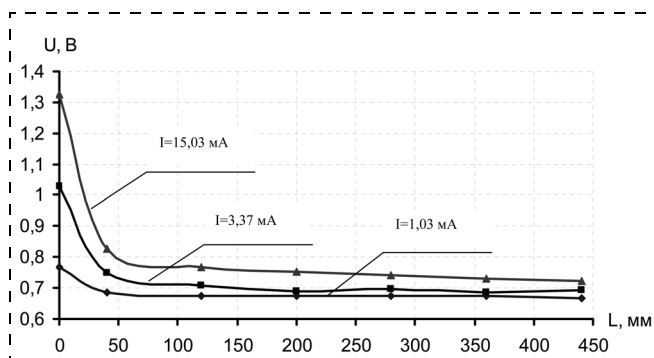


Рис. 10. Поляризационный потенциал на поверхности стального образца при различных значениях силы катодного тока



Таким образом было установлено, что в любой точке рост поляризационного потенциала характеризуется линейной функцией вида $U = kL + n$ (рис. 11), в которой параметр n показывает значение собственного потенциала стального образца, а множитель k определяет степень влияния силы катодного тока на изменение поляризационного потенциала.

Получив группу уравнений, можно определить зависимость множителя k от расстояния L . На рис. 12 представлена логарифмическая зависимость коэффициента k от расстояния L .

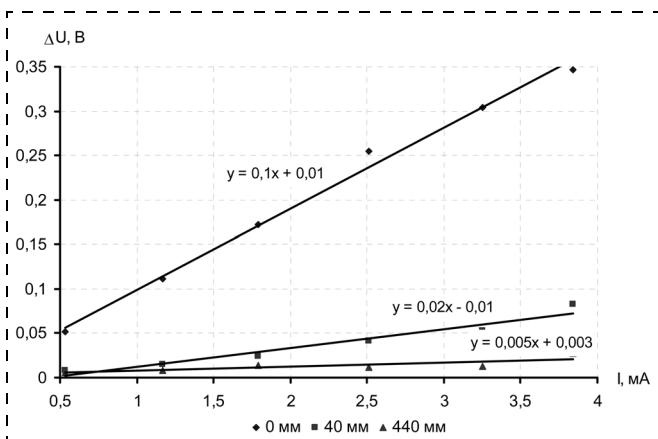


Рис. 11. Зависимость поляризационного потенциала в точках, удаленных на различное расстояние L , от силы катодного тока

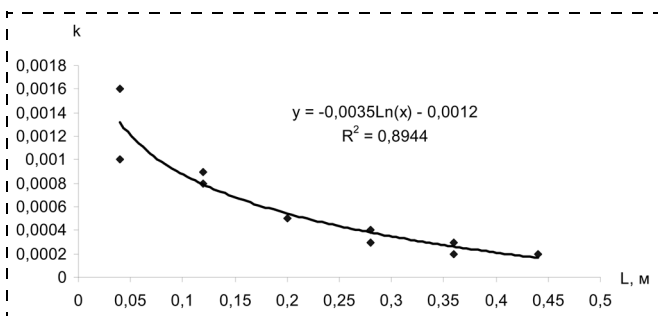


Рис. 12. Зависимость коэффициента k от расстояния L



Рис. 13. Определение коэффициентов a и b в уравнении для определения значения поляризационного потенциала под покрытием

В результате был получен общий вид зависимости k от L : $k = a \ln(L) + b$. В результате дальнейших экспериментов оказалось, что коэффициенты a и b имеют линейную зависимость от сопротивления среды (рис. 13).

В итоге получили уравнения с двумя неизвестными для сред с разным удельным сопротивлением. Основными параметрами, определяющими значение потенциала под поверхностью покрытия, можно считать силу подаваемого тока I и расстояние L .

На основании полученных данных можно сделать вывод, что закон распределения поляризационного потенциала в вольтах под поверхностью покрытия имеет вид:

$$U = (a \ln(L) + b)I + U_{\text{сп}}$$

где a и b — коэффициенты, определяемые экспериментально, для конкретных условий (см. рис. 7); L — расстояние между сквозным дефектом в изоляционном покрытии и точкой в зоне дефекта, м; I — сила подаваемого тока, мА; $U_{\text{сп}}$ — собственный потенциал стальной конструкции, В.

Таким образом, приведенные результаты свидетельствуют о низкой эффективности действия катодной защиты на металл, находящийся под отслоением покрытия. Установлено, что эффективность защиты зависит от расположения места измерения относительно точки затекания среды (и, соответственно, катодного тока), геометрических размеров отслаивания, сопротивления среды. Для защиты металла в смоделированных условиях необходимо обеспечить натекание тока под покрытие, например, наложением на постоянный катодный ток переменной составляющей.

Список литературы

1. **Об измерении** поляризационного потенциала на подземных стальных трубопроводах / Н. П. Глазов, К. Л. Шамшетдинов и др. // Практика противокоррозионной защиты. — 2000. — № 2. — С. 24–29.
2. **Воздействие** катодной поляризации на стальную поверхность под пленочным покрытием / А. М. Зиневич, В. Ф. Храмихина и др. // Строительство трубопроводов. — 1979. — № 8. — С. 25–27.
3. **Ортон М. Д.** Измерение защитного потенциала трубопровода в местах отслоения изоляционного покрытия // Нефть, газ и нефтехимия. — 1986. — № 3. — С. 72–75.
4. **Долгов И. А., Пахтусов С. В.** Опыт проведения внутритрубой диагностики магистральных газопроводов предприятия "Тюменьтрансгаз" // Сборник Девятой Международной деловой встречи "Диагностика-99". — М.: ИРЦ Газпром. Т. 1. — С. 54–67.
5. **Санкактар Э., Жазови Х.** Моделирование гофрообразования на ленточных защитных покрытиях трубопроводов // Нефть, газ и нефтехимия за рубежом. — 1988. — № 3. — С. 65–71.
6. **ГОСТ Р 51164–98** Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. — М.: ИПК Издательство стандартов, 1998.



УДК 502.3

А. П. Зиновьев¹, проф., **С. А. Зиновьев¹**, **Г. И. Рыжов²**, доц., **И. Г. Рыжов³**,

¹ Уфимский государственный нефтяной технический университет

² Уфимский государственный авиационный технический университет

³ Московский государственный университет приборостроения и информатики,

e-mail: rgi-home@mail.ru

Промышленная и экологическая безопасность нефтехимических процессов с высокой энергией

Предлагаемая статья посвящена актуальным вопросам экологии нефтепереработки, нефтехимии — их промышленной и экологической безопасности.

Приведены примеры управления и регулирования экологической безопасностью при авариях технологического оборудования процессов с высокой энергией.

Ключевые слова: аварии, аварийная ситуация, безопасность, пожары, разгерметизация оборудования, экологическая безопасность.

Zinoviev A. P., Zinoviev S. A., Rizhov G. I., Rizhov I. G. Industrial and ecological security of petrochemistry of processes involving high energy

The article deals with urgent problems of the ecology of oil processing and petrochemistry: their industrial and ecological security. It presents some examples of monitoring and regulating ecological security under failures of technological equipment of processes involving high energy.

Keywords: an accident, an emergency situation, an security, a fire, depressurization of equipment, ecological security.

Для нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности характерна высокая энергонасыщенность. Так, типовой нефтеперерабатывающий завод топливно-нефтехимического профиля в зависимости от производительности по сырью, сосредотачивает на своей территории запас углеводородного топлива, эквивалентный 2—5 мегатоннам тротила [1].

Существует ряд технологических процессов, эксплуатация которых связана с определенной степенью риска.

К таким широко распространенным процессам относятся:

1) термический крекинг при повышенном давлении 2,0...4 МПа, в настоящее время он существует в основном для сырья с получением газа и жидких продуктов;

2) пиролиз (высокотемпературный крекинг) жидкого или газообразного сырья при давлении 0,2...0,3 МПа с получением газа, богатого непредельными углеводородами;

3) коксование с получением котельного топлива и нефтяного кокса при температуре до 580 °С, давлении 0,16 МПа;

4) каталитический крекинг с получением бензина и газойлевых фракций при температуре до 460 °С, давлении до 0,11 МПа;

5) гидрогенизационные процессы: гидрокрекинг, гидроочистка при температуре 400...450 °С, давлении 1,5...2,0 МПа.

Ежегодно на предприятиях происходят до 1500 аварий, материальный ущерб от которых исчисляется сотнями миллионов долларов [1].

Интенсивное развитие нефтепереработки и нефтехимии остро поставило задачу их промышленной и экологической безопасности. Так как отсутствуют системы предотвращения и локализации взрывов и пожаров на одной технологической установке, то взрывы и пожары на одном из видов технологического оборудования приведут к их распространению по принципу "домино" на всей территории технологической установки и предприятия.

Вероятность первоначальных опасных событий на нефтеперерабатывающем заводе по исследованиям А. А. Абросимова приведена ниже [1]:

Прекращение подачи воздуха в КИП	$3,0 \cdot 10^{-4}$
Ошибка оператора	$4,0 \cdot 10^{-1}$
Отказ заслонки в печах	$1,0 \cdot 10^{-1}$
Отказ насосов	$1,0 \cdot 10^{-4}$
Прекращение подачи электроэнергии	$3,0 \cdot 10^{-4}$
Засорение отводной насосной линии	$2,5 \cdot 10^{-3}$
Отказ регулирующего клапана	$1,0 \cdot 10^{-3}$
Неверное задание режима оператором	$1,0 \cdot 10^{-3}$
Разгерметизация возвратной линии продукта	$8,6 \cdot 10^{-5}$
Разгерметизация отводной линии продукта	$8,6 \cdot 10^{-5}$
Разгерметизация шлемовой линии в колонне	$8,6 \cdot 10^{-5}$



Отрыв фланца возвратной линии продукта	$1,0 \cdot 10^{-4}$
Отрыв фланца паровой линии	$1,0 \cdot 10^{-4}$
Отрыв фланца отводной линии	$1,0 \cdot 10^{-4}$
Отрыв фланца шлемовой линии	$1,0 \cdot 10^{-4}$
Взрыв в блоке колонн	$1,0 \cdot 10^{-6}$
Ураганный ветер	$1,0 \cdot 10^{-6}$
Прямое попадание метеорита	$1,0 \cdot 10^{-8}$
Прямое попадание самолета	$1,0 \cdot 10^{-8}$
Разрушение К-9 на АВТ	$6,6 \cdot 10^{-3}$
Разрушение К-7 на АВТ	$1,1 \cdot 10^{-2}$
Землетрясение	$1,0 \cdot 10^{-8}$
Конструкционный дефект корпуса аппарата	$1,0 \cdot 10^{-5}$

Суммарный энергетический потенциал предприятия оценивается по общему количеству продуктов, находящихся одновременно в обращении в технологических установках или в аппарате в один и тот же период времени.

Пожаровзрывоопасность предприятия зависит от режима и параметров технологического процесса, аппаратурного оформления и особенностей применения оборудования. Результаты расчета энергетического потенциала пожаровзрывоопасного оборудования приведены в табл. 1.

Тротильный эквивалент взрыва парогазовой смеси, определяемой по условиям адекватности характера и степени разрушения ТНТ, вычисляется по формуле [1]:

$$W_T = \frac{0,4}{0,9} \frac{q^1}{q_T} z m,$$

где W_T — тротильный эквивалент — количество ТНТ, кг; 0,9 — доля энергии взрыва ТНТ, затрачиваемая на формирование ударной волны; 0,4 — доля энергии взрыва парогазовой смеси, затрачиваемой непосредственно на формирование ударной волны; m — масса паров, участвующих во взрыве, кг; z — доля массы паров, участвующей во взрыве; q_T — удельная энергия взрыва ТНТ, кДж / кг; q^1 — удельная теплота сгорания парогазовой смеси, кДж/кг.

Эта величина в ккал/кг определяется по формуле Д. И. Менделеева [4]:

$$q^1 = 8100C + 30\,000H + 2600(S - O),$$

где С, Н, S, О — содержание в продукте углерода, водорода, серы и кислорода, % масс в продукте; 8100, 30 000 и 2600 — удельная теплота сгорания углерода, водорода и серы, ккал/кг.

Удельная теплота сгорания некоторых видов топлива и органических соединений приведена в табл. 2 [4].

Конечным результатом программного расчета является массовая доля паров (доля отгона).

Изменения доли массы паров нефти в зависимости от режима работы ректификационной колонны К-2 установки АВТ-3, выполненные на ЭВМ, показаны в табл. 3. Приведенные в таблице значения доли массы паров нефти показывают, что в зависимости от режима работы колонны К-2 доля массы паров изменяется от 0,6230 до 0,7137 и, следовательно, меняется сила взрыва, что особенно важно при прогнозировании аварий на опасных производственных объектах.

Таблица 1

Результаты расчета энергетического потенциала углеводородных паров и газов в ректификационной колонне К-2 установки ЭЛОУ-АВТ-6 и реакторе Р-1 каталитического крекинга

Наименование установки	Вид аварийного аппарата	Параметры режима			Тринитротолуол (ТНТ), т
		Объем, м ³	Давление, МПа	Температура, °С	
Установка первичной переработки нефти ЭЛОУ АВТ-6	Основная ректификационная колонна К-2	1390	3	320	95
Установка каталитического крекинга	Реактор Р-1	220	60	500	135

Таблица 2

Удельная теплота сгорания некоторых видов топлива и органических соединений

Продукты	Удельная теплота сгорания		
	кДж/кг	Дж/моль	ккал/кг
Нефть	43 961	—	10 500
Авиационный бензин	44 087	—	10 530
Автомобильный бензин	43 693	—	10 486
Дизельное топливо	43 484	—	10 386
Бензол	—	3 269 807	—
Толуол	—	3 912 564	—
паро-Ксилол	—	4 555 900	—
орто-Ксилол	—	4 555 900	—
мето-Ксилол	—	4 554 900	—

Таблица 3

Изменение доли массы паров сырья в зависимости от режима работы колонны К-2 установки АВТ-3

Отношение количества водяного пара, кг · моль, на количество сырья (F), кг · моль	Давление, на входе в колонну, МПа	Температура, °С	Доля массы паров нефти
0,1240	0,1652	340	0,6230
0,1240	0,1652	360	0,6550
0,1240	0,1652	380	0,6851
0,1240	0,1652	400	0,7137

Так как оценка риска предприятий заключается в исследовании безопасности работы технологического оборудования, обеспечивающая безопасность эксплуатации промышленного объекта и безопасность населения, то конечным результатом оценки риска является перечень исходов для каждого рассматриваемого случая, при этом рассчитываются частота и количественные характеристики ожидаемых последствий, которые определяются по методике оценки последствий аварий на опасных производственных объектах, утвержденной Госгортехнадзором России [6]. Алгоритм расчета последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей (ТВС) представлен на рис. 1. На рисунке использованы следующие обозначения:

- C_0 — скорость звука в воздухе, м/с;
- C_r — концентрация горючего вещества в облаке ТВС, кг/м³;
- $C_{ст}$ — стехиометрическая концентрация вещества в смеси с воздухом, кг/м³;
- E — эффективный энергозапас ТВС, Дж;
- I — импульс волны давления, Па · с;
- I_+ — импульс фазы сжатия, Па · с;
- I_- — импульс фазы разрежения, Па · с;
- I_{r+} — импульс отраженной волны давления, Па · с;
- I_{r-} — импульс отраженной волны разрежения, Па · с;
- I_x — безразмерный импульс фазы сжатия;
- K_i — декремент затухания;
- K_r — декремент изменения давления в отраженной волне;
- M_r — масса горючего вещества, содержащегося в облаке ТВС, кг;
- ΔP — избыточное давление, Па;
- ΔP_+ — амплитуда волны давления, Па;
- ΔP_- — амплитуда волны разрежения, Па;
- ΔP_{r+} — амплитуда отраженной волны давления, Па;
- ΔP_{r-} — амплитуда отраженной волны разрежения, Па;
- P_0 — атмосферное давление, Па;
- P_x — безразмерное давление;
- P_{r1} — пробит-функция повреждений стен промышленных зданий;
- P_{r2} — пробит-функция разрушения промышленных зданий;
- P_{r3} — пробит-функция длительной потери управляемости у людей;

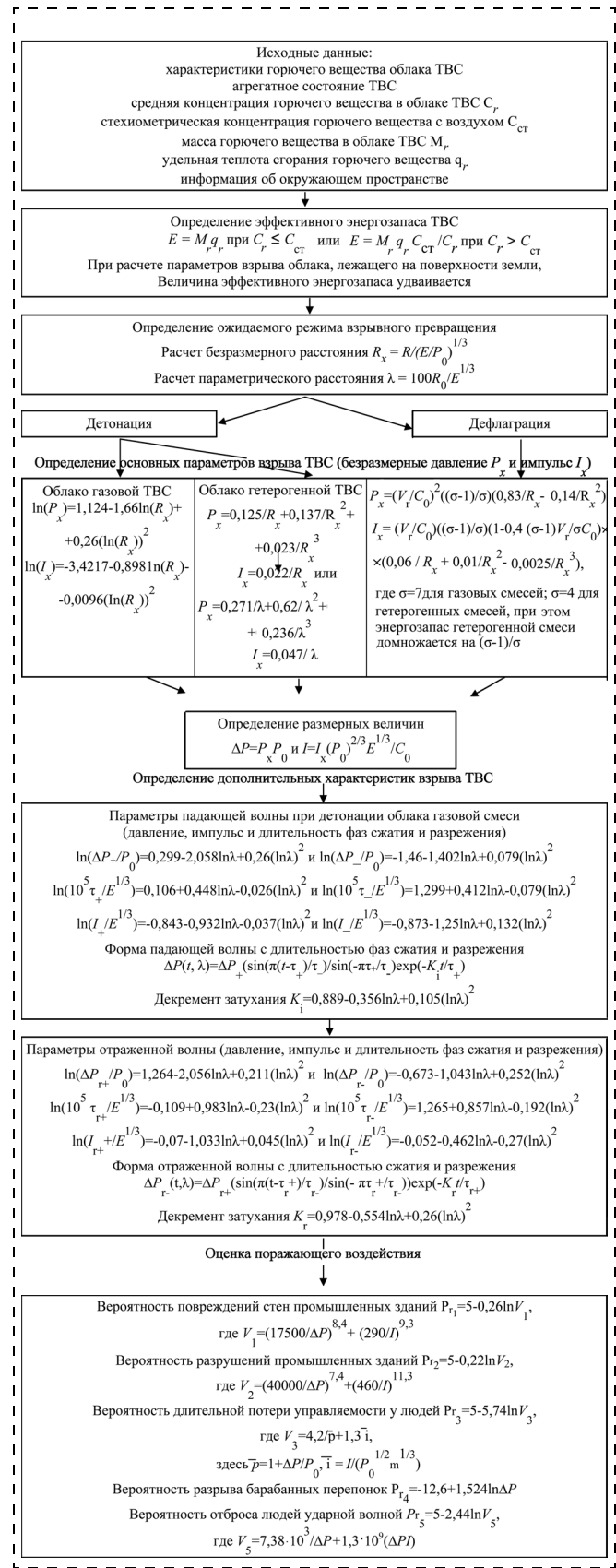


Рис. 1. Алгоритм расчета последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей



P_{r4} — пробит-функция разрыва барабанных перепонок у людей;

P_{r5} — пробит-функция отброса людей волной давления;

R — расстояние от центра облака ТВС, м;

R_x — безразмерное расстояние от центра облака ТВС;

V_r — скорость видимого фронта пламени м/с;

E — тротильный эквивалент взрыва ТВС, кг;

m — средняя масса человека, кг;

q_r — удельная теплота сгорания газа, Дж/кг;

t — время процесса, с;

λ — параметрическое расстояние;

σ — степень расширения продуктов сгорания;

τ_+ — длительность фазы сжатия, с;

τ_- — длительность фазы разрежения, с;

τ_{r+} — длительность отраженной волны давления, с;

τ_{r-} — длительность отраженной волны разрежения, с.

Анализ пожаров показывает, что крупные аварии и пожары на нефтехимических предприятиях бывают при взрыве и разгерметизации оборудования, содержащего взрывопожароопасные продукты, при этом образуется неконтролируемое парогазовое облако, которое распространяется и поражает все остальное технологическое оборудование на технологической установке и даже на соседних объектах. Так как парогазовое облако, как правило, воспламеняется за короткое время, то необходимо принять меры на ранних стадиях аварии, чтобы исключить поражение остального оборудования по принципу "домино".

К настоящему времени разработаны многочисленные способы безопасного управления процессами, сопровождающимися выделением высокой энергии.

Так, для предотвращения распространения паров парогазового облака используют устройства, создающие паровые, водяные и воздушные завесы. При этом происходит дополнительное разбавление паровоздушной смеси до концентрации ниже предела воспламенения. Наилучшими являются конструкции завес с вертикальным и горизонтальным направлением паровой струи в сторону парогазового облака. Эти системы весьма эффективны при размещении их между технологическими установками или в резервуарном парке, где трубы с паровым рассеиванием располагаются наверху обваловок.

Предлагаемые системы не эффективны внутри одной технологической установки при разрыве и при разгерметизации оборудования.

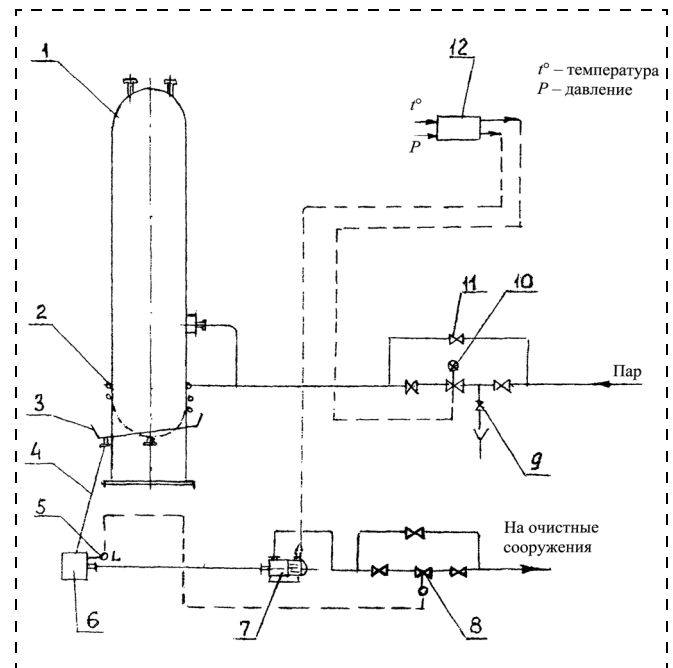


Рис. 2. Схема системы автоматического регулирования и управления промышленной и экологической безопасностью для оборудования колонного типа:

1 — аппарат; 2 — перфорированный коллектор; 3 — желоб; 4 — сливная труба; 5 — уровнемер; 6 — приемная емкость; 7 — насос откачки; 8 — клапан откачки на очистные сооружения; 9 — вентиль спуска водяного конденсата; 10 — регулирующий клапан; 11 — байпасная задвижка; 12 — блок контроля пожаровзрывоопасной ситуации

Авторами предлагаются системы автоматического регулирования и управления промышленной и экологической безопасностью в экстремальных ситуациях при взрыве и разгерметизации оборудования, исключая эффект "домино", которые содержат: устройство для рассеивания парогазового облака водяным паром до концентрации ниже предела воспламенения пожаровзрывоопасного продукта; устройство для автоматической откачки жидкой фазы при разгерметизации аппарата на очистные сооружения для исключения последующего взрыва и пожара. Данный принцип был заложен в системе промышленной и экологической безопасности для оборудования на предприятиях с высокой энергией. Автоматическая система устанавливается на всех аппаратах, имеющих повышенную опасность в тротильном эквиваленте или по технологическому режиму.

На рис. 2 показана схема системы автоматического регулирования и управления промышленной и экологической безопасностью для оборудования колонного типа, имеющего большой диаметр в нижней части аппарата [2].

При разгерметизации аппарата 1 жидкая фаза собирается в желобе 3, приваренном к поверхно-

сти аппарата 1 и по сливной трубе 4 жидкая фаза перетекает в приемную емкость 6, оснащенную уровнемером 5 с последующей откачкой через клапан 8 на очистные сооружения. Автоматическая система рассеивания парогазового облака соединена с перфорированным коллектором 2, приваренным к наружной поверхности аппарата 1 выше желоба для сбора жидкой фазы. Перфорированный коллектор 2 имеет кольцевую форму, собирается на месте монтажа из полуколец, плотно опоясывающих аппарат и крепится к наружной поверхности аппарата через подкладной лист с приваренными к нему косынками.

Автоматическая система рассеивания парогазового облака состоит из регулирующего клапана 10 на линии водяного пара; байпасной задвижки 11 для продувки паровой линии подачи водяного пара на рассеивание парогазового облака; вентиля 9 для спуска водяного конденсата, исключая замерзание водяного конденсата в зимний период года.

Система автоматического регулирования и управления промышленной и экологической безопасностью работает следующим образом: при взрыве и разрыве аппарата 1 сигнал повышения давления и температуры поступает на блок контроля пожаровзрывоопасной ситуации 12, который включает

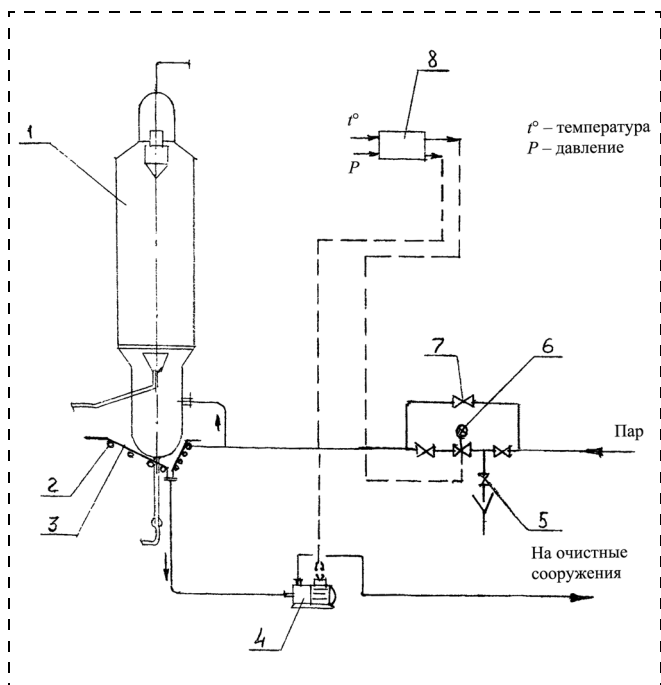


Рис. 3. Схема системы автоматического регулирования и управления промышленной безопасностью для реактора получения терефталевой кислоты:

1 — реактор; 2 — перфорированный коллектор в форме улитки; 3 — поддон; 4 — насос откачки; 5 — вентиль спуска водяного конденсата; 6 — клапан подачи водяного пара; 7 — байпасная задвижка; 8 — блок контроля пожаровзрывоопасной ситуации

клапан подачи водяного пара 10 на рассеивание парогазового облака и на насос откачки 7 жидкой фазы из приемной емкости 6 на очистные сооружения.

Данная система конструктивно может быть выполнена и на аппаратах, имеющих бутылочную форму с сужением в нижней части, например, реакторе получения терефталевой кислоты (рис. 3) [3].

Автоматическая система откачки жидкой фазы пожаровзрывоопасного продукта из технологического аппарата 1 при его разгерметизации состоит из насоса 4 для откачки жидкой фазы пожаровзрывоопасного продукта технологического процесса на очистные сооружения; сборного коллектора 2, соединяющего насос откачки 4 с поддоном 3 для сбора жидкой фазы, выполненным в виде лепестков, скрепленных между собой болтами через прокладку, а на наружной поверхности поддона 3 для рассеивания парогазового облака закреплен перфорированный коллектор 2 в форме "улитки".

Система работает следующим образом: в случае взрыва в аппарате сигнал повышения давления и температуры поступает на блок контроля пожаровзрывоопасной ситуации 8, от него сигнал поступает на включение насоса откачки 4 жидкой фазы пожаровзрывоопасного продукта на очистные сооружения и клапан подачи водяного пара 6 в коллектор 2 на рассеивание парогазового облака.

Выводы

Использование предложенных систем регулирования и управления промышленной и экологической безопасностью позволяет повысить надежность и безопасность проведения процессов с высокой энергией и исключить пожары по принципу "домино" на технологической установке.

Список литературы

1. **Абросимов А. А.** Экология переработки углеводородных систем: Учебник / Под ред. Ю. М. Долomatова, Э. Г. Теляшева. — М.: Химия, 2002. — 608 с.
2. **Патент** на изобретение № 2345397. Система автоматического управления и регулирования экологической безопасностью процесса с высокой энергией / А. П. Зиновьев, Г. И. Рыжов, С. А. Зиновьев // БИ. № 3. 2009 г.
3. **Патент** на изобретение № 2294003. Система автоматического управления экологической безопасностью пожаровзрывоопасного технологического процесса, сопровождающегося выделением высокой энергии / А. П. Зиновьев, Г. И. Рыжов, С. А. Зиновьев // БИ. № 5. 2007 г.
4. **Рудин М. Г., Дабкин А. Е.** Краткий справочник нефтепереработчика. — Л.: Химия, 1980. — 328 с.
5. **Технологические** расчеты установок переработки нефти // Под ред. Танатарова М. А., Ахметшиной М. Н., Фасхутдинова Р. А. и др. — М.: Химия, 1987. — 352 с.
6. **Методики** оценки последствий аварий на опасных производственных объектах. — М.: Серия 27. Декларирование промышленной безопасности и оценка риска. — М.: Госгортехнадзор России, 2002. — 208 с.

УДК 628.543

В. А. Колесников, д-р техн. наук, проф., **Ю. И. Капустин**, д-р пед. наук, проф.,
Е. В. Матвеева, канд. техн. наук, с. н. с.,
РХТУ им. Д. И. Менделеева,
И. А. Минаева,
Московская государственная академия водного транспорта,
e-mail: Mikhail.Smirnov@eu.agc-flatglass.com

Электрофлотационная очистка нефте содержащих сточных вод судов

Рассмотрен метод электрофлотационной очистки нефте содержащих сточных вод судов. Исследовано влияние параметров процесса и применения различных флотореагентов на эффективность очистки. Определены оптимальные параметры процесса очистки. Разработана технологическая схема очистки. Предложено необходимое оборудование.

Ключевые слова: электрофлотация, сточные воды, нефтепродукты, коагулянт.

Kolesnikov V. A., Kapustin Y. I., Matveeva E. V., Minaeva I. A. *Electroflotation treatment of vessels' oil wastewater*

The paper studied a method of electroflotation treatment of vessels' oil wastewater. Influence of parameters of the process and use of various coagulants on the efficacy of the treatment is examined. Optimum parameters of treatment are found. Technological scheme is developed. Proposal of equipment.

Keywords: electroflotation, wastewater, oil products, coagulant.

Водный транспорт является одним из основных водопользователей и загрязнителей водоемов. Основные источники загрязнения водоемов на большинстве судов — сухой мусор, хозяйственные и нефте содержащие сточные воды.

Нефть и нефтепродукты как загрязнители представляют собой особую экологическую опасность в связи с их подвижностью, токсичностью и стойкостью к природным процессам разложения. Предельно допустимые концентрации (ПДК) нефтепродуктов в водоеме составляет всего 0,3 мг/л. Попадая в водоем, нефтепродукты выделяются на поверхности воды в виде пленки, что резко ухудшает газообмен в водоеме. При больших загрязнениях это может привести к массовой гибели фауны водоема. Кроме того, средние и тяжелые фракции нефти диспергируются в воде и загрязняют всю толщу водоема. Нефть, попавшая в донные отложения, при любом случайном перемешивании вызывает вторичное загрязнение водоема. Это приво-

дит к стабильности загрязнения. Перемешиваясь с илом, нефтяное загрязнение губительно действует на организмы, населяющие дно водоема, уничтожает нерестилища рыб [1].

Крупным источником нефте содержащих сточных вод является транспортный нефтяной флот и весь производственный комплекс, связанный с его обслуживанием. Кроме того, в машинно-котельном отделении (МКО) любого самоходного речного судна независимо от его типа и назначения образуются подсланевые воды. Под сланью МКО вода накапливается из-за водотечности корпуса, теплообменников, трубопроводов и прочих устройств, через которые прокачивается забортная вода. Кроме того, под слань стекает конденсат водяного пара атмосферного воздуха. Нефтепродукты под слань МКО поступают через неплотности в соединениях топливной и масляной арматуры. Количество подсланевой воды, накапливаемой в МКО судна, зависит от типа судна, его технического состояния, особенностей силовой установки и условий эксплуатации. Опыт эксплуатации речного флота показывает, что накопление подсланевой воды составляет 100...400 л в сутки в зависимости от мощности главных двигателей [2].

Образующиеся на судах нефте содержащие подсланевые воды могут быть очищены как судовыми, так и внесудовыми техническими средствами. Очистное оборудование должно обеспечивать допустимое содержание нефти в сбросе, установленное соответствующими нормативными документами. В обоих случаях на практике в основном используется сепарационное и фильтрующее оборудование [3, 4]. Так, широко используемая на внутренних водных путях России станция по сбору и очистке нефте содержащих вод ОСН-3 (проект Р125) обеспечивает очистку нефте содержащих вод до 30...40 мг/л без использования фильтров тонкой очистки и 10 мг/л — при использовании тонкой сорбционной очистки (фильтров с активированным углем).

Однако постоянное ужесточение требований в области охраны окружающей среды приводит

к тому, что существующие технические средства не обеспечивают степень очистки, отвечающую современным нормативам. Нормы очистки подсланевых вод согласно действующим нормативным документам зависят от типа судна, конкретной акватории и условий водотока. Так, для специализированных судов (в том числе плавучих очистных станций) на внутренних водных путях России нормативное содержание нефтепродуктов в сбросе должно составлять не более 5 мг/л, а для неспециализированных (пассажирских и грузовых судов, буксиров и технического флота) — не более 8 мг/л [5].

Таким образом, разработка эффективных методов очистки льяльных вод является актуальной задачей. При решении этой задачи метод электрофлотации имеет ряд преимуществ: простота технологической схемы, дешевизна и надежность оборудования, высокая степень очистки, возможность использования извлеченных нефтепродуктов.

В настоящей статье рассмотрены результаты изучения влияния на степень извлечения нефтепродуктов различных технологических параметров электрофлотации и добавления неорганических коагулирующих компонентов — сульфата алюминия, сульфата железа и жидкого алюмокремниевое флокулянта-коагулянта (АКФК).

Состав подсланевых вод на практике колеблется в широких пределах. Содержание нефтепродуктов в воде может варьироваться от 300 мг/л [1] до 5000 мг/л [6]. Основная доля нефтепродуктов в льяльных водах неспециализированных судов приходится на дизельное топливо. Кроме дизельного топлива в подсланевых водах могут также содержаться нефтепродукты смазочных материалов с большей длиной углеводородной цепи по сравнению с дизельным топливом. Большая часть нефтепродуктов в подсланевых водах находится в пленочном и эмульгированном состоянии. Растворимость компонентов, например, дизельного топлива ($C_{14}-C_{20}$) в воде составляет 8...22 мг/л [7]. Кроме того, в подсланевых водах могут содержаться моющие средства, используемые при эксплуатации судов, твердые взвешенные частицы и иные компоненты. Эффективность извлечения моторных топлив методом электрофлотации тем выше, чем выше их исходное содержание в стоке [11].

По изложенным выше причинам исследование процесса электрофлотации проводилось с использованием модельных растворов — эмульсий дизельного топлива в воде (исходное содержание дизельного топлива варьировалось от 150 до 1000 мг/л). В качестве фоновый электролит использовался Na_2SO_4 концентрацией 0,5 г/л. Содержание нефтепродуктов в растворе после очистки определялось по ХПК ускоренным бихроматным методом [8].

Исследования проводились на лабораторных электрофлотаторах периодического и непрерывного действия. Ниже представлены экспериментальные данные по электрофлотации в аппарате периодического действия. Катод — сетка из нержавеющей стали из проволоки 0,3 мм с размером ячейки 0,5 × 0,4 мм. Анод — ОРТА. Площадь анода 10 см² совпадает с площадью поперечного сечения аппарата. Высота аппарата — 800 мм.

Экспериментальная зависимость степени извлечения α (%) дизельного топлива из модельных растворов (в присутствии коагулянта $Fe^{3+} = 20$ мг/л при $XPK_{исх} = 500$ мгО/л; объемной плотности тока $i_V = 125$ мА/л и времени $t = 10$ мин) от рН представлена на рис. 1.

Максимальная степень очистки достигается в интервале рН 5...7 (это соответствует естественному значению рН подсланевых вод). Эффективность процесса очистки зависит от образования устойчивого флотокомплекса, включающего частицу коагулянта, капельку эмульсии и пузырьки газа. Состав и структура формируемых частиц коагулянта зависят от рН: для солей железа (III) в результате протекания реакций гидролиза формируется малорастворимый оксигидроксид железа, доля которого при увеличении рН от 2 до 6 повышается практически с нуля до 100 %. С другой стороны, при варьировании рН меняется электрокинетический потенциал дисперсных частиц коагулянта. В изоэлектрической точке (ξ — потенциал частиц равен нулю) адсорбция на поверхности коагулянта возрастает, и степень электрофлотационного извлечения, таким образом, максимальна. Изоэлектрические точки для большинства коагулянтов располагаются в диапазоне рН = 5,6...6,4 [12]. Эти данные хорошо согласуются с полученными результатами.

Влияние объемной плотности тока на эффективность очистки исследовалось методом кинетических

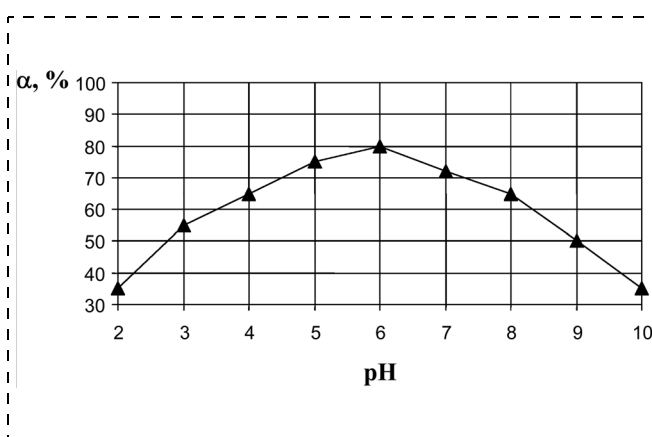


Рис. 1. Зависимость степени извлечения эмульсии дизельного топлива от рН

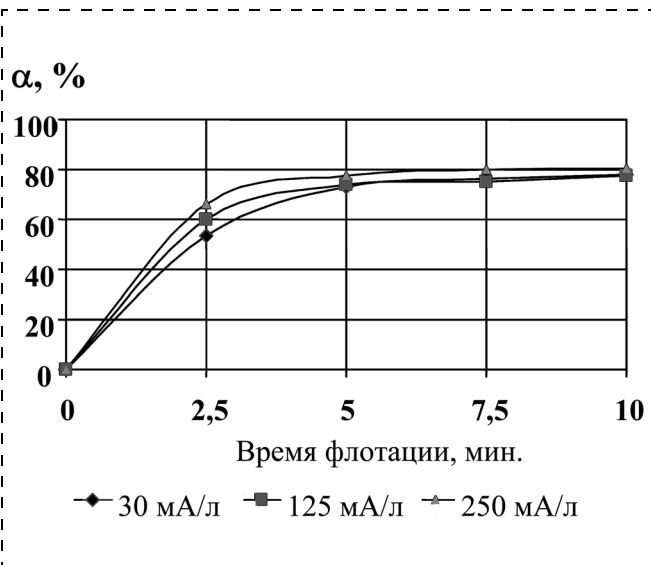


Рис. 2. Кинетические кривые электрофлотации эмульсии дизельного топлива при различных объемных плотностях тока

кривых при установленном выше оптимальном значении рН раствора (рН = 6), ХПК_{исх} = 500 мг/л и содержание Fe⁺³ = 20 мг/л. Экспериментальные зависимости представлены на рис. 2. Как видно из рисунка, возрастание объемной плотности тока i_V несколько увеличивает степень извлечения дизельного топлива. Значительного влияния на эффективность процесса очистки, однако, этот параметр не оказывает. В изученном диапазоне плотностей тока на поверхности электродов образуются пузырьки газа примерно одинакового радиуса и отсутствуют как турбулентность, так и коалесценция пузырьков. Дальнейшие исследования проводили при объемной плотности тока $i_V = 200$ мА/л (оптимальное значение с технологической точки зрения).

Таким образом, можно принять следующие оптимальные условия электрофлотационного извлечения дизельного топлива: рН = 6; $i_V = 200$ мА/л. Дальнейшие исследования в рамках настоящей работы проводились при данных параметрах.

В таблице приведены сравнительные данные по эффективности наиболее широко используемых в водоочистке коагулянтов — хлорида железа и сульфата алюминия с жидким флокулянт-коагулянтом АКФК, разработанным в РХТУ им. Д. И. Мен-

Степень извлечения α (%) дизельного топлива в присутствии различных коагулянтов

Без коагулянта	Fe ³⁺ (20 мг/л)	Al ³⁺ (20 мг/л)	АКФК (40 мг/л в пересчете на Al ³⁺)
39	79	76	90

делеева. Раствор АКФК производится сернокислым разложением алюмокремниевое сырья (сиенита, уррита, нефелина или хвостов апатит-нефелиновой флотации) [9]. В его состав входят следующие компоненты: SiO₂ — 23...28 г/л, Al₂O₃ — 17...20 г/л, Fe₂O₃ — 0,6...0,9 г/л. Концентрация 1 мл/л АКФК соответствует 10 мг/л по ионам Al³⁺. Присутствующая в АКФК активная кремниевая кислота образует со временем олигомерные и полимерные формы [10], обеспечивающие флокуляционные свойства раствора; соли алюминия и железа выступают в роли коагулянтов.

Для сравнения эффективности коагулянтов в рамках данные исследования была выбрана концентрация 20 мг/л, которая является оптимальной для солей алюминия и железа, а для АКФК взята концентрация 4 мг/л, что соответствует 40 мг/л в пересчете на алюминий.

Как видно из таблицы, степень извлечения дизельного топлива без коагулянтов невелика. В присутствии коагулянтов она резко повышается (примерно в два раза). При этом АКФК показал себя наиболее эффективным из исследованных коагулянтов.

Результаты исследования влияния концентрации АКФК на эффективность извлечения эмульсии дизельного топлива (при времени электрофлотации 5 мин) представлены на рис. 3. Как видно из рисунка, АКФК значительно увеличивает степень извлечения нефтепродуктов (до 97 % для дизельного топлива).

Результаты исследования влияния концентрации АКФК на скорость электрофлотации эмульсии дизельного топлива представлены на рис. 4.

При малых концентрациях АКФК (1...2 мл/л) электрофлотация эмульсии дизельного топлива происходит быстро — кинетическая кривая выходит

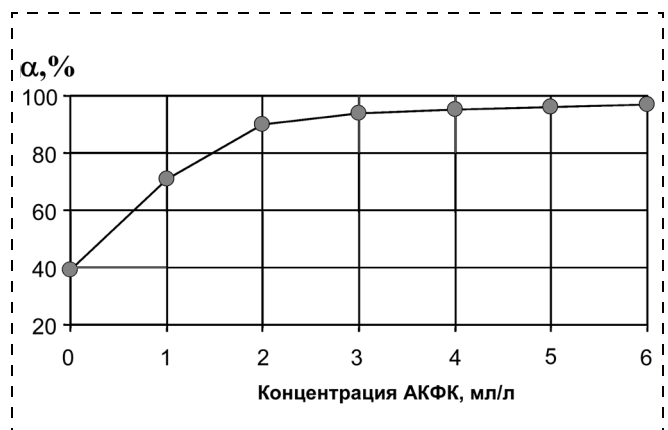


Рис. 3. Влияние концентрации АКФК на степень извлечения дизельного топлива

на плато за 3...6 мин. С увеличением дозы АКФК максимальные значения степени извлечения эмульсии дизельного топлива достигаются за 9...15 мин, при этом несколько возрастают их абсолютные значения. Более медленное протекание процесса связано с увеличением количества дисперсной фазы гидроксида алюминия. Оптимальная, с технологической точки зрения, концентрация АКФК, составляет 2...3 мл/л.

Таким образом, установлено, что АКФК повышает эффективность электрофлотационного извлечения дизельного топлива и превосходит традиционно применяемые коагулянты. Высокая эффективность АКФК при очистке сточных вод от нефтепродуктов обусловлена аддитивностью свойств его основных компонентов, обеспечивающих как флокуляционное, так и коагуляционное действие. Несмотря на высокое содержание алюминия в АКФК, применение флокулянта-коагулянта экономически целесообразно, так как сырьем для его получения служат отходы горнорудной промышленности, что определяет низкую стоимость АКФК.

Для прогнозирования и оптимизации работы установки, обеспечивающей непрерывный режим электрофлотационной очистки нефтесодержащих сточных вод, были проведены исследования на проточном двухкамерном лабораторном электрофлотаторе.

В первой камере направление движения жидкости совпадало с направлением движения газовых пузырьков — устанавливался режим прямого тока, а во второй, соответственно, противотока. Таким образом, включением электролиза в первой или второй камере (либо в обеих камерах одновременно) моделировались гидродинамические условия в различных типах промышленных электрофлотаторов.

На проточном электрофлотаторе было исследовано влияние следующих факторов на процесс электрофлотационного извлечения дизельного топлива: скорости подачи раствора, объемной плотности тока, природы коагулянта.

На рис. 5 представлена зависимость степени извлечения эмульсии дизельного топлива от направления и скорости подачи стока W при $i_V = 100$ мА/л. Результаты экспериментов показали, что эффективность очистки несколько выше для противотока. В условиях противотока газосодержание раствора увеличивается за счет снижения скорости подъема пузырьков в нисходящем потоке жидкости.

На рис. 6 показано влияние природы коагулянта и скорости подачи раствора на степень извлечения эмульсии дизельного топлива (противоток) при следующих данных: $XPK_{исх} = 290$ мгО/л; $i_V = 100$ мА/л; рН = 6. Добавка коагулянта Fe^{3+} с концентрацией 20 мг/л повышает степень извле-

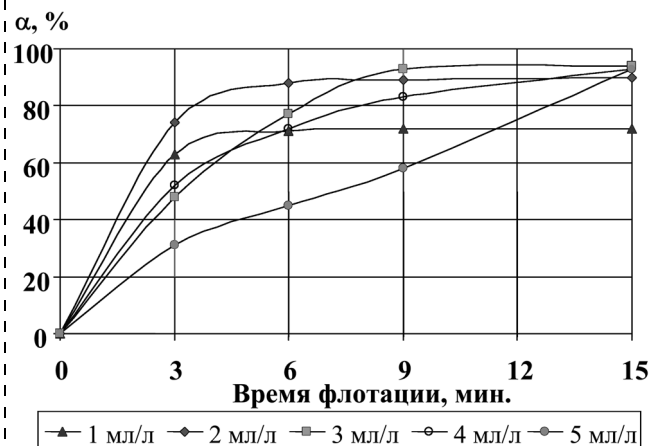


Рис. 4. Кинетические кривые электрофлотации эмульсии дизельного топлива при различных концентрациях АКФК

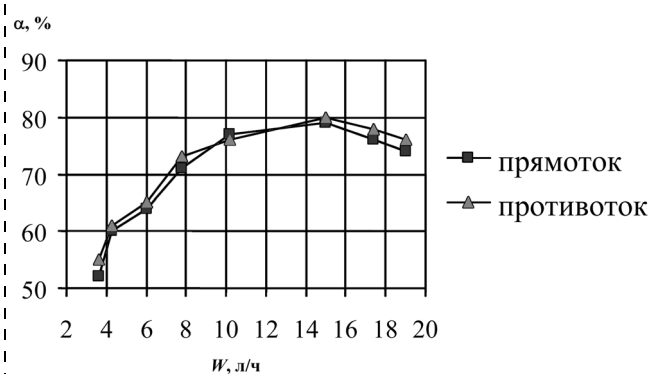


Рис. 5. Зависимость степени извлечения эмульсии дизельного топлива от направления и скорости подачи стока

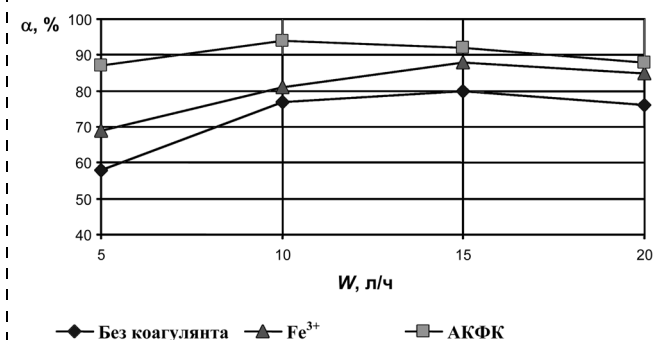


Рис. 6. Влияние природы коагулянта и скорости подачи стока на степень извлечения эмульсии дизельного топлива (противоток)

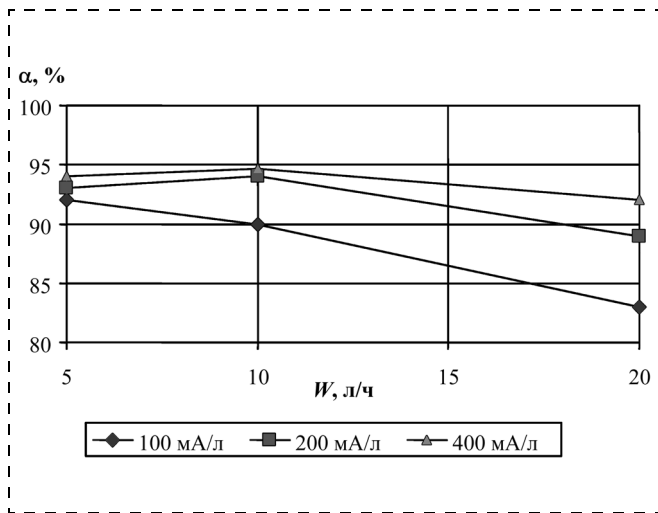


Рис. 7. Влияние скорости подачи раствора на степень извлечения эмульсии дизельного топлива в присутствии АКФК (противоток) при различных объемных плотностях тока

чения до 87 %, а коагулянта-флокулянта АКФК с концентрацией 3 мл/л — до 93 %. Зависимость эффективности очистки от скорости подачи раствора имеет оптимум в области 10...15 л/ч.

На рис. 7 показано влияние скорости подачи раствора на степень извлечения эмульсии дизельного топлива (противоток). Исходное содержание дизельного топлива составляет 1000 мг/л; рН = 6; содержание АКФК 3 мл/л. Как видно из рис. 7, увеличение объемной плотности тока со 100 до 200 мА/л позволяет существенно повысить эффективность очистки при всех скоростях подачи раствора. Дальнейшее увеличение объемной плотности тока оказывает заметный эффект лишь в области высокой

скорости подачи раствора (в результате увеличения газосодержания раствора).

На основе установленных закономерностей и электрофлотационной очистки сточных вод от нефтепродуктов была разработана технологическая схема очистки подсланевых вод. Предлагаемая схема (рис. 8) включает в себя сбор подсланевых вод, электрофлотационное извлечение нефтепродуктов, доочистку с помощью активированного угля и сброс очищенной воды в водоем.

Вода из под слани закачивается в накопительную емкость *E*. Собранные сточные воды подаются с помощью насоса *H* из емкости в электрофлотатор *ЭФ*. Для повышения степени очистки предусмотрена возможность дозирования жидкого флокулянта-коагулянта АКФК.

В ходе электрофлотации эмульгированные нефтепродукты транспортируются газовыми пузырьками на поверхность раствора и накапливаются в слое флотошлама, который периодически удаляется с поверхности жидкости в сборник. Флотошлам, содержащий нефтепродукты и коагулянт, не требует дополнительного обезвреживания.

Далее сток из электрофлотатора подается на сорбционный фильтр, после которого очищенная вода соответствует значениям ПДК по нефтепродуктам и может сбрасываться в водоемы. Удельные затраты электроэнергии на очистку воды составляют до 0,5 кВт · ч/м³.

Из предлагаемых на российском рынке конструкций электрофлотаторов наиболее подходящим представляется электрофлотационный модуль глубокой очистки сточных вод разработки РХТУ им. Д. И. Менделеева (рис. 9).

Электрофлотатор выполнен в виде прямоугольной емкости из пропилена, состоящий из двух камер с электродными блоками. Корпус установки оборудован входными и выходными патрубками с фланцами для присоединения к трубопроводам. В верхней части аппарата на раме монтируется пеносборное устройство, состоящее из мотор-редуктора и транспортера с лопатками из пропилена для сбора образующейся пены.

Сточная вода поступает через патрубки в нижнюю часть камеры флокуляции, переливается через перегородку в камеру флотации и через отверстие в нижней части поступает в водосборник, обеспечивающий контроль уровня в аппарате.

На основании проведенных исследований были выработаны пе-

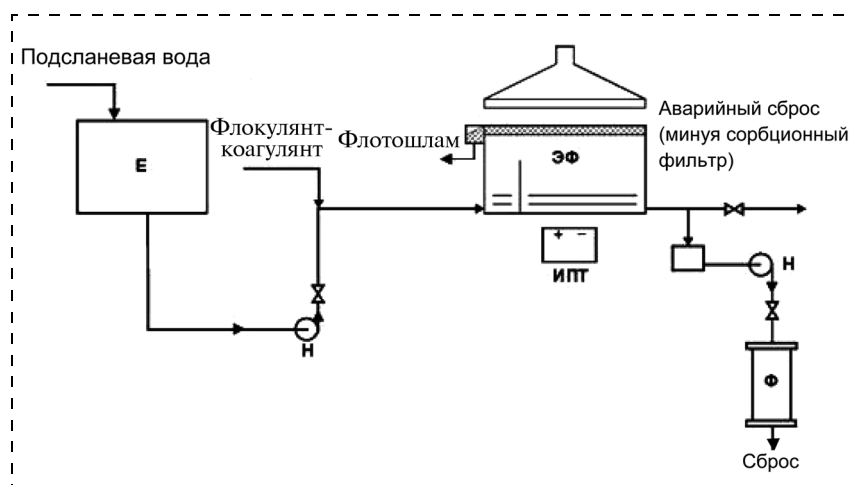


Рис. 8. Технологическая схема очистки подсланевых вод:

E — накопительная емкость; *H* — насосы; *ЭФ* — электрофлотатор; *Ф* — сорбционный фильтр; *ИПТ* — источник постоянного тока

речисленные ниже рекомендации по очистке нефтесодержащих сточных вод судов.

1. Метод электрофлотации позволяет достичь 95...97 % извлечения нефтепродуктов из подсланевых вод (при использовании флокулянтов). Указанная степень очистки достижима как в аппаратах периодического, так и непрерывного действия.

2. С учетом скорости накопления подсланевых вод аппараты периодического действия можно рекомендовать для судовой очистки подсланевых вод, а непрерывного — для внесудовой (в том числе на специализированных станциях очистки нефтесодержащих сточных вод).

3. Применение флотореагентов позволяет существенно повысить степень очистки подсланевых вод. Наиболее эффективным из исследованных флотореагентов показал себя флокулянт-коагулянт АКФК.

4. Оптимальные параметры электрофлотации для очистки подсланевых вод: объемная плотность тока 200...400 мА/л, время обработки (в аппаратах периодического действия) 5...7 мин, гидродинамический режим — противоток (в аппаратах непрерывного действия), концентрация АКФК 2...3 мг/л.

5. Сама по себе электрофлотационная обработка не позволяет очистить сток от нефтепродуктов до нормативного содержания (5 мг/л для специализированных судов и 8 мг/л — для неспециализированных [5]) во всем диапазоне возможных концентраций нефтепродуктов в подсланевых водах.

Таким образом, электрофлотацию можно рекомендовать на стадии грубой очистки нефтесодержащих сточных вод. По сравнению с технологиями, используемыми на водном транспорте для этой цели в настоящее время (сочетание сепарации и фильтрования), электрофлотация имеет ряд существенных преимуществ:

- компактность и высокую производительность оборудования;
- легкость сбора флотошлама, его низкую обводненность, что позволяет применять собранные нефтепродукты в качестве топлива (обводненный мазут) без дополнительной обработки;
- более высокую степень очистки, что позволяет увеличить срок службы сорбента в фильтрах до очистки.

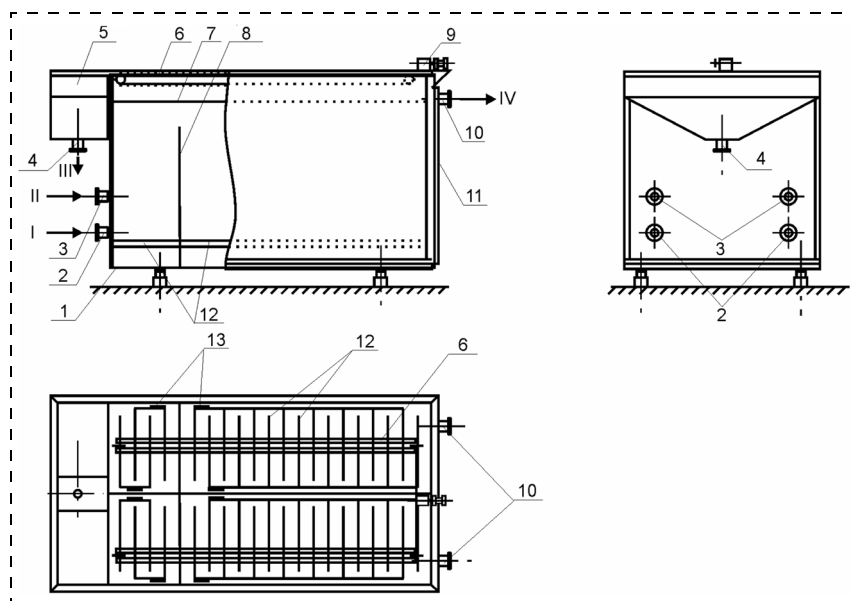


Рис. 9. Электрофлотационный модуль разработки РХТУ им. Д. И. Менделеева:

1 — корпус; 2 — патрубок для подачи воды; 3 — патрубок для подачи реагентов; 4 — патрубок для отвода шлама; q — камера для сбора шлама; 6 — пеносборное устройство; 7, 8 — перегородки; 9 — мотор-редуктор; 10 — патрубки для отвода воды; 11 — водосборник; 12 — электроды; 13 — токоподводы; Потоки: I — исходная вода; II — раствор реагента; III — шлам; IV — очищенная вода

Список литературы

1. Гусев А. Г. Влияние сточных вод, содержащих нефть и нефтепродукты на рыб, и обоснование нормирования их при сбросе сточных вод в рыбохозяйственные водоемы // Производственные сточные воды. Вып. 5. — М.: Медгиз, 1960. — С. 34—43.
2. Тув И. А. Судовые технические средства предотвращения загрязнения водоемов нефтепродуктами. — М.: Транспорт, 1976. — 128 с.
3. Иванов И. А. и др. Средства очистки жидкости на судах. — Л.: Судостроение, 1984. — 272 с.
4. Российский Речной Регистр. Правила по предотвращению загрязнения с судов внутреннего плавания, 1993.
5. РД 152-011-00. Наставление по предотвращению загрязнения внутренних водных путей при эксплуатации судов.
6. Малышкин А. Г., Морозов Н. П. Технология и организация нефтеперевозок на речном транспорте: Учебное пособие для институтов водного транспорта. — М.: Транспорт, 1981. — 208 с.
7. Товарные нефтепродукты. Свойства и применение: Справочник / Под ред. В. М. Школьников. — М.: Химия, 1978.
8. Лейте В. Определение органических загрязнителей питьевых, природных и сточных вод. — М.: Химия, 1975. — 199 с.
9. Кручинина Н. Е., Турниер В. Н., Лисюк Б. С., Ким В. Патент РФ № 2225838, 2002 / Способ получения алюмосиликатного коагулянта.
10. Айлер Р. Химия кремнезема. Кн. 1. — М.: Химия, 1982. — С. 68.
11. Капустин Ю. И., Матвеева О. И., Малочева О. И., Колесников В. А. Влияние различных факторов на процесс извлечения эмульсий автомобильных топлив из сточных вод методом электрофлотации // Химическая промышленность. — 2002. — № 7. — С. 47—51.
12. Jia-Qian, Graham N. J. D., Harward C. Coagulation of upland coloured water with polyferric sulphate compared to conventional coagulant // J. Water SRT — Aqua. — 1996. — V. 45, N 3. — P. 143—154.



УДК 504.6: 662.613.11 (470.57) (045)

В. Ф. Куксанов, д-р мед. наук, **А. А. Шайхутдинова**, асп.,
Оренбургский государственный университет,
e-mail: Varvarushka@yandex.ru

Комплексная оценка влияния золоотвала Кумертауской ТЭЦ на экосистемы

Рассмотрена проблема функционирования предприятий топливно-энергетического комплекса, работающих на твердом топливе. В качестве отхода на таких предприятиях постоянно образуется зола, которая складывается на специализированные полигоны. Проведены мониторинговые исследования территорий, прилегающих к золоотвалу, по качеству осадков, почвы, растений и атмосферного воздуха.

Ключевые слова: золоотвал, коэффициент концентрации, показатель химического загрязнения осадков и почвы, экотоксикологический показатель, фитотоксичность, биогеохимический показатель.

Kuksanov V. F., Shayhutdinova A. A. Complex estimation of ash-bin influence on ecosystems at Kumertay thermal power station

The article is devoted to the operation of fuel and energy enterprises that work on solid fuel. Waste material of such enterprises is ash, that is stored at special dumping areas. In the article we state the results of our research based on the quality of water precipitation, soil, ground, plants specimens, atmospheric air, taken from the territories that adjoin to the ash dumps.

Keywords: ash-bin, load factor, pollution index of precipitation a soil, ecotoxicological index, phytotoxicity, biogeochemical index.

Энергетические объекты по степени влияния на окружающую среду принадлежат к числу наиболее интенсивно воздействующих на биосферу. Они представляют собой источники неизбежного риска для населения и окружающей среды [1].

Одним из предприятий топливно-энергетического комплекса является Кумертауская ТЭЦ, которая является единственной электростанцией ООО "Башкирская генерирующая компания", сохранившей технологию сжигания бурых углей. Для сжигания топлива на предприятии установлено два паровых котла типа Е-170/100 номинальной паропроизводительностью 170 т/ч и четыре котла типа Е-220/100 паропроизводительностью 220 т/ч. Время эксплуатации котлов на Кумертауской ТЭЦ

колеблется в интервале от 29 до 52 лет. Модернизации подвергался котел № 8 в 1984 г., остальные же работают в прежнем режиме без совершенствования технологии сжигания топлива, системы очистки отходящих газов и удаления шлаков.

В качестве топлива на Кумертауской ТЭЦ используется газ и бурый уголь (рис. 1). Из рисунка видно, что предприятие наращивает объемы сжигания угля и уменьшает подачу газа в зону горения: в 2007 г. было сожжено 135 тыс. т у. т. газа и 225 тыс. т у. т. бурого угля.

Согласно программе и данным по испытаниям оборудования котельного и турбинного цеха Кумертауской ТЭЦ, в 2009 г. планируется сжигать 1066 тыс. т угля, что составит 80 % в топливном балансе предприятия. Увеличение количества сжигаемого угля обусловлено, в первую очередь, экономическим, а не экологическим фактором, так как по данным предприятия 1 т у. т. газа стоит на 117 руб. дороже 1 т у. т. бурого угля, а в масштабах промышленного производства закупка твердого топлива вместо газа выливается в экономию более 26 млн руб. в год.

Образующаяся в результате сжигания угля зола по системе золошлакоудаления направляется на золоотвалы, которые расположены в северо-западном направлении на расстоянии 1700 м от промплощадки ТЭЦ в пойменной части реки Карагайка.

Золоотвал Кумертауской ТЭЦ представляет собой земляную емкость без гидроизоляций днищ и стенок и занимает площадь 39,4 га (44,27 % общей площади предприятия). Система золоотстойников состоит из трех секций. На сегодняшний день про-

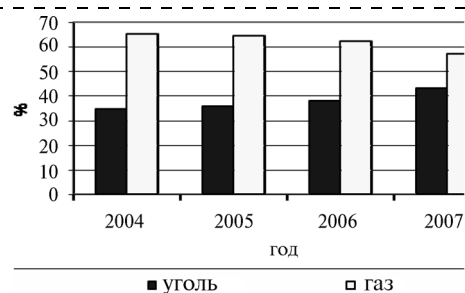


Рис. 1. Процентное соотношение количества бурого угля и газа, сжигаемого на Кумертауской ТЭЦ



Таблица 1

Критерии оценки экологического состояния объектов окружающей среды [2]

Показатели	Параметры			
	Экологическое бедствие	Чрезвычайная экологическая ситуация	Критическая экологическая ситуация	Относительно удовлетворительная ситуация
pH	5,0...5,6	5,7...6,5	6,5—7,0	>7,0
ПХЗ _{ос}	>100	50...100	1...50	<1
ПХЗ _п	>128	32...128	16...32	<16
Э				
I класса опасности Э _I	>3	2...3	1...2	<1
II класса опасности Э _{II}	>10	5...10	1...5	<1
III класса опасности Э _{III}	>20	10...20	1...10	<1
Ф	>2,0	1,4...2,0	1,1...1,4	<1,1
Г	>10	5...10	1,5...5,0	1,1...1,5

Условные обозначения: ПХЗ_{ос}, ПХЗ_п — показатели химического загрязнения осадков, почвы; Э — экотоксикологический показатель; Ф — показатель фитотоксичности; Г — биогеохимический показатель.

изводится заполнение четвертой секции. Очистка секций золоотвала производится механическим способом (см. Проект предельно допустимых выбросов вредных веществ для ООО "Башкирская генерирующая компания" Кумертауская ТЭЦ).

Для того, чтобы оценить экологическую обстановку на территориях, прилегающих к золоотвалу, были организованы четыре пункта наблюдения на границе санитарно-защитной зоны золоотвала на расстоянии 500 м в северном, западном, южном и восточном направлениях. Кроме того, были взяты пробы в контрольном пункте наблюдения на расстоянии 150 км от источника выброса. В данных пунктах проводились исследования "сухих" выпадений, снежного, почвенного и растительного покрова, а также проведено ранжирование территорий согласно критериям оценки (табл. 1).

Первоначально исследованный качественный состав золы бурого угля методом атомно-абсорбционной спектроскопии показал, что в ее состав (%) входят оксид кремния — 60, оксид кальция — 15, оксид алюминия — 11, оксид магния — 8,4, триоксид серы — 2, а также тяжелые металлы (мг/кг): цинк — 135, свинец — 765,2, марганец — 460, кобальт — 36,5, никель — 48,9, медь — 46,9, хром — 98,6.

Оценка способности золоотвала к пылению проводилась ситовым и микроскопическим методами. Ситовой анализ, проведенный с помощью набора сит моделей 21 с размерами ячеек 1000—2000—3750—4500 мкм, показал, что 81,12 % золы приходится на пылевидный материал с размерами частиц менее 1 мм; 5,04 % — 1...2 мм; 10,55 % — 2...3,75 мм; 1,27 % — 3,75...4,5 мм; 2,02 % — свыше 4,5 мм (рис. 2, а). Следовательно, основной в золе следует считать тонкодисперсную фракцию, а золоотвал способным к пылеобразованию.

Результаты микроскопического анализа свидетельствуют, что 89,83 % золы приходится на фракцию 0...10 мкм, 5,35 % — 10...40 мкм, 0,59 % — 40...60 мкм, 0,71 % — 60...110 мкм, 3,52 % — свыше 100 мкм (рис. 2, б).

Исследования показали, что изучаемая зола является полидисперсным порошком и в сухом состоянии достаточно легко может переходить в состояние аэрозоля. Таким образом, представляется возможным проводить оценку по количеству осевшей пыли в организованных пунктах наблюдения (табл. 2). Из таблицы видно,

Таблица 2

Содержание пыли в атмосферном воздухе на территории, прилегающей к золоотвалу Кумертауской ТЭЦ

Источник загрязнения	Фон, г/сут м ²	Концентрация "сухих" выпадений в различных направлениях, г/сут м ²			
		Север	Запад	Юг	Восток
Золоотвал	0,096	0,50	0,38	0,41	0,20

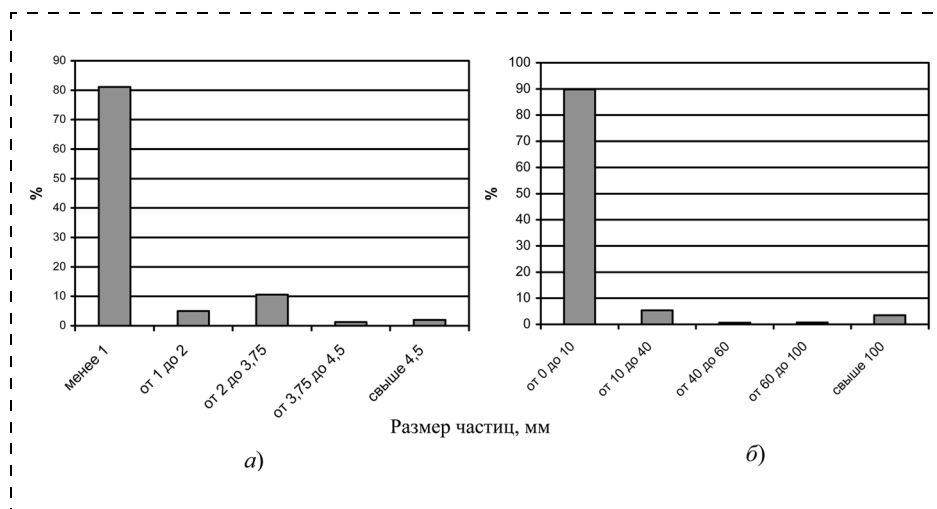


Рис. 2. Результаты определения дисперсного состава золы бурого угля: а — ситовым методом; б — микроскопическим методом



Таблица 3

Содержание загрязняющих веществ в пробах талой воды, отработанных на границе санитарно-защитной зоны золоотвала

Загрязняющее вещество	Фон, мг/л	Концентрация загрязняющих веществ в различных направлениях, мг/л			
		Север	Запад	Юг	Восток
pH	7,00	7,10	7,05	7,04	7,60
Взвешенные вещества	10,1	1525	771	704	351
Сульфат-ионы	0,25	1,39	1,42	1,15	0,73
Гидросульфат-ионы	1,99	11,55	11,86	10,85	5,62
Гидрокарбонат-ионы	35,45	59,98	50,83	41,59	41,59
Ионы аммония	0,16	0,46	0,54	0,23	0,17
Ионы кальция	0,140	0,197	0,180	0,167	0,153
Ионы магния	0,087	0,123	0,137	0,150	0,150
Ионы цинка	0,3555	0,4853	0,2168	0,3030	0,3202
Ионы свинца	0,0112	0,0318	0,0155	0,0221	0,0171
Ионы меди	0,0268	0,0412	0,0584	0,0610	0,0928
Ионы хрома	0,0448	0,0394	0,0474	0,0420	0,0634
Ионы кобальта	0,0014	0,0025	0,0019	0,0025	0,0007
Ионы никеля	0,0084	0,0138	0,0067	0,0043	0,0175
Ионы марганца	0,2708	0,4025	0,3159	0,3750	0,1427

что максимальное количество пыли оседает в северном направлении от золоотвала ($0,50 \text{ г/сут} \cdot \text{м}^2$), а минимальное — с восточной ($0,20 \text{ г/сут} \cdot \text{м}^2$). При этом если сравнить концентрацию "сухих" выпадений в организованных точках с фоном, то в северном направлении превышение составляет 5,2 раза, а в восточном — 2,1.

Газообразные примеси в атмосфере могут подвергаться химическим превращениям с дальнейшим вымыванием осадками. При образовании и выпадении снега концентрация загрязняющих веществ в нем оказывается обычно на 2—3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе [3]. Поэтому были проведены исследования снежного покрова в период максимальных снеговых запасов в начале марта. В талой воде определены pH среды, содержание сульфат-, гидросульфид-, гидрокарбонат-ионов, ионов аммония, кальция, магния, цинка, свинца, меди, хрома, кобальта, никеля и марганца титриметрическим, фотоколориметрическим и атомно-абсорбционными методами (табл. 3).

По показателю pH можно провести ранжирование территорий по критериям оценки экологического состояния объектов окружающей среды (см. табл. 1), которое показывает, что все исследуемые территории относятся к зонам с относительно удовлетворительной экологической ситуацией, так как значения величины pH лежат в интервале от 7 и более.

Анализ данных табл. 3 показал, что на всех исследуемых территориях вокруг золоотвала приоритетным загрязнителем в снежном покрове являются взвешенные вещества, причем максимальные

концентрации наблюдаются с северной стороны (1525 мг/л), а минимальные — с восточной (351 мг/л). На втором месте стоят гидрокарбонат-ионы, их концентрация изменяется в интервале $41,59... 59,98 \text{ мг/л}$. На всех исследуемых территориях в микроколичествах содержатся тяжелые металлы и их концентрация значительно превышает фоновые значения.

Для более объективной оценки состояния исследуемой территории рассчитывался коэффициент концентрации, который представляет собой отношение концентрации загрязняющего вещества к его фоновому значению.

В результате расчета получили, что степень загрязнения взвешенными веществами высокая, причем вокруг золоотвала коэффициенты концентрации лежат в интервале $34,8...151,0$. На втором месте по степени накопления стоят серосодержащие вещества, коэффициенты концентрации которых лежат в интервале $2,82...5,96$. Также высока степень накопления и других загрязняющих веществ.

Для определения экологического состояния на прилегающих территориях был рассчитан суммарный показатель химического загрязнения снежного покрова (ПХЗ_{oc}), который представляет собой сумму коэффициентов концентрации загрязняющих веществ. Критерии классификации представлены в табл. 1.

Из значений суммарных показателей химического загрязнения снежного покрова (табл. 4) территорию в северном и западном направлениях следует считать зонами экологического бедствия ($\text{ПХЗ}_{\text{oc}} > 100$), а в восточном и южном — зонами с чрезвычайной экологической ситуацией ($50 < \text{ПХЗ}_{\text{oc}} < 100$).

Также была проведена оценка экологического состояния территорий через экологические нагрузки, которые определяются как произведение концентрации загрязняющего вещества на интенсивность осадков. Результаты расчетов показали, что максимальные нагрузки на всех исследуемых территориях оказывают взвешенные вещества ($53,04...230,45 \text{ т/км}^2 \cdot \text{год}$).

Таблица 4

Ранжирование территорий, прилегающих к золоотвалу

Показатель	Направления от золоотвала			
	Север	Запад	Юг	Восток
ПХЗ_{oc}	181,45	104,22	95,57	56,24
ΣN^*	241,30	126,01	114,72	60,27
Коэффициент превышения ΣN	184,94	105,43	97,50	58,42
$\text{ПХЗ}_{\text{п}}$	29,12	24,76	39,17	53,23

* Суммарная экологическая нагрузка.



Дополнительно качество урбанизированных территорий характеризуют суммарные экологические нагрузки ΣN по всем загрязняющим веществам. Критерии оценки представлены в табл. 5.

Анализ результатов по суммарным экологическим нагрузкам, представленных в табл. 4, говорит о том, что в северном направлении территория относится к зонам с превышением предельно допустимой нагрузки, в западном и южном направлении — к сильно загрязненной территории, в восточном — к умеренно загрязненной территории.

О степени загрязнения территории также можно судить по коэффициенту превышения экологических нагрузок загрязняющих веществ над фоновыми значениями. По их суммарному значению можно определить стадию трансформации экосистемы и провести ранжирование исследуемых территорий согласно критериям, представленным в табл. 6.

Коэффициент превышения ΣN по отношению к фоновым значениям на прилегающих территориях изменяется в интервале от 58,42 до 184,94 (см. табл. 4). Согласно критериям табл. 6 значения этого коэффициента лежат в интервале от 10 и более. Это позволяет предположить, что экосистема, находящаяся на исследуемых территориях, находится в стадии полного разрушения.

Загрязняющие вещества, попадая в атмосферный воздух, в конечном итоге в результате вымывания осадками и при "сухом" выпадении проникают в почвенный покров. В первую очередь, изменения затрагивают ее биологические свойства: снижается общая численность почвенных микроорганизмов, видовое разнообразие, интенсивность микробиологических процессов, активность почвенных ферментов, рН среды. Все это ведет к частичной, а в некоторых случаях к полной утрате плодородия почв. Учитывая то, что почва является экологическим узлом биосферы, обеспечивает сопряжение биологических и геологических круговоротов, нарушение микробиологических и биохимических процессов в почве неизбежно отражается на функционировании экосистемы в целом [1]. Поэтому была проведена оценка качества почв территории. Для этого отбирались пробы во всех организованных пунктах наблюдения и готовились почвенные вытяжки для анализа (табл. 7).

По данным табл. 7 все исследуемые территории по показателю рН относятся к зонам с критической экологической ситуацией согласно критериям оценки, представленным в табл. 1, так как рН лежит в интервале 6,5...7,0.

Приоритетным загрязняющим веществом по концентрации в западном, северном и восточном направлениях являются гидрокарбонат-ионы (876,88, 1296,25, 1391,56 мг/кг), в южном — ионы

аммония (1455,88 мг/кг), в северном — ионы марганца (381,58 мг/кг). На втором месте на западе и востоке стоят ионы аммония (145,59 и 461,03 мг/кг), на юге — гидрокарбонат-ионы (1296,25 мг/кг). Также значительна концентрация ионов кальция и марганца в других направлениях, которые стоят на третьем месте по концентрации в почве.

Степень накопления загрязняющих веществ также определяется по коэффициенту концентрации. Расчеты показывают, что максимальное на-

Таблица 5

Критерии оценки качества территории по суммарным экологическим нагрузкам [1]

Значение суммарной экологической нагрузки, т/км ² год	Характеристика территории
0...50	Сравнительно чистая территория
50...100	Умеренно загрязненная территория
100...200	Сильно загрязненная территория
>200	Территория с превышением предельно допустимой нагрузки

Таблица 6

Влияние коэффициентов превышения экологических нагрузок на процесс трансформации экосистемы [1]

Стадия трансформации экосистемы	Коэффициент превышения ΣN
Стадия выпадения чувствительных видов	1,5...2,0
Стадия структурных перестроек экосистемы	2,7...4,0
Стадия частичного разрушения экосистемы	6,0...7,0
Стадия полного разрушения системы	>10

Таблица 7

Содержание загрязняющих веществ в пробах почвенного покрова на границе санитарно-защитной зоны золоотвала

Загрязняющее вещество	Фон, мг/кг	Концентрация загрязняющих веществ в различных направлениях, мг/кг			
		Север	Запад	Юг	Восток
рН	7,10	6,70	6,76	6,76	6,78
Сульфат-ионы	21,43	27,38	45,24	16,67	44,05
Гидросульфид-ионы	26,03	14,34	11,69	11,69	11,69
Гидрокарбонат-ионы	519,250	1296,25	876,88	1296,25	1391,56
Ионы аммония	97,06	121,32	145,59	1455,88	461,03
Ионы кальция	83	158,75	125,00	250,00	238,75
Ионы магния	9,75	34,50	28,35	51,00	60,75
Ионы цинка	12,4	50,02	42,20	17,99	44,22
Ионы свинца	12,8	25,00	36,11	8,33	13,89
Ионы меди	21,8	21,43	19,64	17,50	22,50
Ионы хрома	29,3	97,05	77,27	95,45	336,42
Ионы кобальта	3,5	10,81	6,08	6,76	17,57
Ионы никеля	13,5	51,28	37,18	49,36	151,69
Ионы марганца	410,5	381,58	139,47	184,21	432,50



копление сульфат-ионов наблюдается с западной стороны (2,11), гидросульфид-ионов — с северной (0,55), ионов аммония и кальция — с южной (15,0 и 3,01 соответственно), гидрокарбонат-ионов и ионов магния — с восточной (2,68 и 6,23 соответственно). Также наблюдается накопление тяжелых металлов на всех исследуемых территориях. С северной и западной сторон от золоотвала преимущественно идет накопление ионов цинка (4,03 и 3,40), с южной стороны — ионов никеля (3,66), с восточной — ионов хрома (11,48). Остальные металлы также накапливаются в поверхностном слое и превышают фоновые концентрации, исключение составляют ионы меди и марганца.

Согласно критериям оценки степени химического загрязнения почв (см. табл. 1) был определен показатель химического загрязнения почвы (ПХЗ_п) (см. табл. 4) и проведено ранжирование исследуемых территорий, которое показало, что территории

в южном и восточном направлении от золоотвала следует считать зонами с чрезвычайной экологической ситуацией ($32 < \text{ПХЗ}_п < 128$), все остальные исследуемые территории относятся к зонам с критической экологической ситуацией ($16 < \text{ПХЗ}_п < 32$).

Качество почвенного покрова характеризует экотоксикологический показатель, который определяется как отношение концентрации загрязняющего вещества к его предельно допустимому значению (табл. 8).

Результаты исследования показали, что металлами I класса опасности в наибольшей степени загрязнены почвы в северном, западном и восточном направлениях от золоотвалов. Для данных территорий экотоксикологический показатель составляет 1,23...1,90, что позволяет отнести почву в исследуемых направлениях к зонам с критической экологической ситуацией ($1 < \text{Э} < 2$). Экотоксикологический показатель почв для металлов II класса опасности находится в пределах 3,06...9,45. Наибольшее его значение характерно для почв, расположенных в восточном направлении от золоотвала, поэтому исследуемую территорию согласно существующим критериям можно также отнести к зоне с чрезвычайной экологической ситуацией ($1 < \text{Э} < 10$), остальные территории относятся к зонам с критической экологической ситуацией ($1 < \text{Э} < 5$). Для металлов III класса опасности значения экотоксикологического показателя лежат в интервале 0,09...0,29 и территорию можно отнести к зонам с относительно удовлетворительной экологической ситуацией ($\text{Э} < 1$). В целом суммарный показатель экотоксикологического состояния почв изменяется 0,09...9,45, что говорит о неблагоприятной экологической ситуации.

В природоохранных и санитарно-гигиенических целях меньшее значение имеют подвижные формы тяжелых металлов, которые способны активно отражать реакцию микрофлоры почвы и растений на избыток элементов в данной экосистеме [1].

Поглощение тяжелых металлов почвами существенно зависит от их кислотности, а также от состава анионов почвенного покрова. Значения pH почвенных вытяжек показали, что показатель кислотности находится в интервале 6,58...6,78, что соответствует слабокислому и нейтральному типу, следовательно, можно предположить, что наиболее подвижными в почвах исследуемых территорий будут ионы цинка, среднеподвижными — ионы меди, кобальта и никеля, низкая подвижность — у ионов свинца, очень низкая — у ионов марганца (табл. 9). Из таблицы видно, что приоритетным веществом по концентрации являются ионы марганца (19,54...39,65 мг/кг), но их подвижность очень мала.

Таблица 8

Экотоксикологический показатель Э качества почв территорий, прилегающих к золоотвалу (валовое содержание тяжелых металлов)

Металл	Экотоксикологический показатель качества почв в различных направлениях			
	Север	Запад	Юг	Восток
Металлы I класса опасности				
Цинк	0,91	0,77	0,33	0,80
Свинец	0,78	1,13	0,26	0,43
Э _I	1,69	1,90	0,59	1,23
Металлы II класса опасности				
Медь	0,65	0,60	0,53	0,68
Хром	0,97	0,77	0,96	3,36
Кобальт	2,16	1,22	1,35	3,51
Никель	0,64	0,47	0,62	1,90
Э _{II}	4,42	3,06	3,46	9,45
Металлы III класса опасности				
Марганец	0,26	0,09	0,12	0,29
Э _{III}	0,26	0,09	0,12	0,29

Таблица 9

Концентрации подвижных форм тяжелых металлов в почве на территории, прилегающей к золоотвалу

Металл	ПДК, мг/кг	Концентрация тяжелых металлов в различных направлениях			
		Север	Запад	Юг	Восток
Цинк	23	1,89	10,98	1,89	2,01
Свинец	6	1,75	4,76	0,75	1,50
Медь	3	1,93	2,58	—	1,45
Хром	6	1,05	1,22	0,96	1,43
Кобальт	5	0,66	1,50	2,33	3,50
Никель	4	0,23	0,35	0,59	0,23
Марганец	700	39,65	35,62	39,65	19,54



Таблица 10

**Экотоксикологический показатель качества почвы
на территории, прилегающей к золоотвалу
(подвижные формы тяжелых металлов)**

Металл	Концентрация тяжелых металлов в различных направлениях			
	Север	Запад	Юг	Восток
Металлы I класса опасности				
Цинк	0,08	0,48	0,08	0,09
Свинец	0,29	0,79	0,13	0,25
Э _I	0,37	1,27	0,21	0,34
Металлы II класса опасности				
Медь	0,35	0,41	0,32	0,48
Хром	0,04	0,06	0,10	0,04
Кобальт	0,39	0,52	—	0,29
Никель	0,17	0,38	0,58	0,88
Э _{II}	0,95	1,37	1,00	1,69
Металлы III класса опасности				
Марганец	0,06	0,05	0,06	0,03
Э _{III}	0,06	0,05	0,06	0,03

Далее был определен экотоксикологический показатель подвижных форм тяжелых металлов (табл. 10). Из таблицы следует, что среди металлов 1-го класса опасности приоритетно накапливается свинец во всех исследуемых направлениях от золоотвала. По металлам 2-го класса опасности в северном и западном направлениях накапливается кобальт, его концентрация составляет 0,39 и 0,52 соответственно, в южном и восточном — никель — 0,58 и 0,88 соответственно. Для оценки экологического состояния почвенного покрова прилегающих территорий определяется суммарный экотоксикологический показатель по всем загрязняющим веществам. Этот показатель показывает, что по металлам 1-го класса опасности зоной с критической экологической ситуацией следует считать территорию в западном направлении от золоотвала, по металлам 2-го класса опасности — в западном, южном и восточном направлениях. Остальные исследуемые территории относятся к зонам с относительно удовлетворительной экологической ситуацией.

Часть тяжелых металлов включается в процессы почвообразования, часть поглощается растениями. Очевидно, что среди живых организмов главными аккумуляторами тяжелых металлов являются растения [1].

В качестве показателей морфологической угнетенности растений использовались длина корня, стебля и площадь листовой пластинки горца птичьего, так как именно этот вид травянистых растений является доминантным и представлен во всех пунктах наблюдения (табл. 11).

Морфологический анализ показал, что наиболее угнетенными по всем показателям являются растения в северном направлении от золоотвала. Исходя из полученных данных менее подвержены изменению длина корня, которая для растений, произрастающих на прилегающих территориях, находится в пределах от 7,1 до 9,9 см, на втором месте стоит длина стебля, значения которой лежат в интервале 20,0..29,6 см.

Изменяется и площадь листовой пластинки горца птичьего. У растений, произрастающих вокруг золоотвала, развиваются маленькие деформированные листья. Отчетливо видно омертвление тканей, начинающееся с краев и распространяющееся к середине листа. Морфологический анализ показал, что вокруг золоотвала самая маленькая площадь листа также в северном направлении.

Для оценки экологического состояния территории был использован показатель фитотоксичности Φ , который представляет собой отношение фоновых показателей роста и развития растений к наблюдаемым [4]. Расчет фитотоксичности проводился по показателям морфологической угнетенности, а именно: длине корня Φ_1 , высоте стебля Φ_2 и площади листовой пластинки Φ_3 .

Анализ полученных данных показал, что показатель фитотоксичности по всем морфологическим признакам во всех организованных пунктах наблюдения больше 1. Вокруг золоотвала максимальный показатель фитотоксичности корневой системы наблюдается в северном направлении ($\Phi_1 = 2,7 \pm 0,3$), а минимальный — в восточном

Таблица 11

Результаты морфологического анализа и значения коэффициентов фитотоксичности Φ растений на территориях, прилегающих к золоотвалу

Направление	Показатели роста и развития и коэффициент фитотоксичности Φ горца птичьего					
	Длина корня, см	Φ_1	Высота стебля, см	Φ_2	Площадь листа, см ²	Φ_3
Север	7,1 ± 0,5	2,7 ± 0,3	20,0 ± 0,3	2,8 ± 0,2	0,9 ± 0,4	5,1 ± 0,2
Запад	8,8 ± 0,4	2,2 ± 0,2	26,9 ± 0,3	2,1 ± 0,1	1,2 ± 0,3	3,8 ± 0,2
Юг	8,3 ± 0,4	2,3 ± 0,2	25,0 ± 0,3	2,2 ± 0,1	1,0 ± 0,3	4,6 ± 0,1
Восток	9,9 ± 0,3	1,9 ± 0,2	29,6 ± 0,2	1,9 ± 0,1	3,0 ± 0,4	1,5 ± 0,2



Таблица 12

Результаты лабораторных исследований растений на территории, прилегающей к золоотвалу

Металл	Фон, мг/кг	Концентрация загрязняющего вещества, мг/кг, по различным направлениям			
		Север	Запад	Юг	Восток
Цинк	12,0...47,0	8,51	7,53	7,56	5,85
Свинец	0,1...10,0	0,63	0,67	0,56	0,47
Медь	1,1...3,9	1,31	2,72	1,55	1,24
Хром	0,11...3,4	0,94	2,23	0,94	0,87
Кобальт	0...2	0,15	0,43	0,24	0,08
Никель	0,1...1,7	1,49	9,83	3,20	2,01
Марганец	17,0...334,0	4,53	3,26	6,55	6,77

($\Phi_1 = 1,9 \pm 0,2$); максимальный показатель фитотоксичности стебля горца птичьего в северном направлении ($\Phi_2 = 2,8 \pm 0,2$), а минимальный — в восточном ($\Phi_2 = 1,9 \pm 0,1$). Максимальная фитотоксичность листовой пластинки наблюдается с северной стороны ($\Phi_3 = 5,1 \pm 0,2$), а минимальная — с восточной ($\Phi_3 = 1,5 \pm 0,2$). Анализ полученных данных по фитотоксичности позволяет предположить, что поглощение загрязняющих веществ происходит преимущественно аэральным путем.

По результатам анализа коэффициентов фитотоксичности Φ можно классифицировать исследуемую территорию по экологическому неблагополучию. Так как в большей степени из числа исследованных показателей воздействию тяжелых металлов подвержена листовая пластинка, то классификацию территорий проводили по показателю фитотоксичности листьев Φ_3 .

Сравнение полученных данных с существующими критериями оценки экологического состояния почв показывает, что территорию в восточном направлении от золоотвала следует считать зонами с чрезвычайной экологической ситуацией ($1,4 < \Phi_3 < 2,0$), все остальные исследуемые территории следует отнести к зоне экологического бедствия ($\Phi_3 > 2,0$).

Также было проведено исследование вегетативной части растений на содержание тяжелых металлов атомно-абсорбционным методом. Пробы растений были отобраны в тех же точках, что и пробы почвенного покрова (табл. 12). Полученные данные свидетельствуют о том, что максимальные концентрации тяжелых металлов наблюдаются с северной и западной сторон, а минимальные — с восточной.

Таблица 13

Биогеохимический показатель качества почв территорий, прилегающих к золоотвалу

Металл	Концентрация загрязняющего вещества, мг/кг, по различным направлениям			
	Север	Запад	Юг	Восток
Цинк	0,18	0,16	0,16	0,12
Свинец	0,06	0,07	0,06	0,05
Медь	0,34	0,70	0,40	0,32
Хром	0,28	0,66	0,28	0,26
Кобальт	0,08	0,22	0,12	0,04
Никель	0,88	2,78	1,88	1,18
Марганец	0,01	0,01	0,02	0,02
$\Sigma\Gamma$	1,83	4,6	2,92	1,99

Через отношение концентрации тяжелых металлов к фоновому содержанию определяется биогеохимический показатель (табл. 13).

Согласно полученным данным можно провести ранжирование территорий, которое показывает, что все исследуемые территории относятся к зонам с критической экологической ситуацией ($1,5 < \Gamma < 5,0$).

Большой интерес представляет выявление закономерностей между содержанием тяжелых металлов в смежных средах и растениях. Если сопоставить результаты ранжирования по коэффициенту превышения суммарных экологических нагрузок и показателю фитотоксичности, показателю химического загрязнения почвы и биогеохимическому показателю можно сделать вывод, что наиболее неблагоприятная экологическая ситуация складывается по показателю фитотоксичности и по коэффициенту превышения суммарных экологических нагрузок, следовательно, загрязнение прилегающей территории идет преимущественно через атмосферный воздух, следовательно, необходимо снизить негативное воздействие путем пылеподавления.

Список литературы

1. Луканин В. Н., Трофименко Ю. В. Промышленно-транспортная экология: Учебник для ВУЗов. — М.: Высш. шк., 2003. — 273 с.
2. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия / Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации. — М.: 1992. — 58 с.
3. Василенко В. Н., Назаров И. М., Фридман Ш. Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. — Л.: Гидрометеоиздат, 1985. — 181 с.
4. Гарицкая М. Ю. Оценка экологического благополучия территории по состоянию растительных биогеоценозов: Автореф. дис. канд. биол. наук. — Оренбург, 2004. — 25 с.



УДК 502.174.1

В. И. Сафарова¹, д-р хим. наук, **Г. Ф. Шайдулина**¹, канд. техн. наук,
Н. Н. Красногорская², д-р техн. наук, **И. В. Вдовина**², асп.

¹ Управление государственного аналитического контроля, г. Уфа

² Уфимский государственный авиационный технический университет,
e-mail: krasnogorskaia_n@mail.ru

Анализ технологических решений по очистке сточных вод горно-обогатительных комбинатов

Приведен обзор существующих методов очистки сточных вод от тяжелых металлов. Оценены возможности их адаптации к очистке сточных вод, образующихся на предприятиях горнодобывающей отрасли, указаны достоинства и недостатки представленных технологических решений.

Ключевые слова: горнодобывающая промышленность, сточные воды, тяжелые металлы, сульфаты, нейтрализация, биохимическая очистка, сорбция, термическая дистилляция.

Safarova V. I., Shajdulina G. F., Krasnogorskaya N. N., Vdovina I. V. The analysis of mining wastewater treatment technological decisions

The methods of heavy metals removal from mining sewage are reviewed. The use of these methods for mining waste treatment and the merits and demerits of described technology are discussed.

Keywords: minerals industry, sewage, heavy metals, sulphate, neutralization, biological treatment, sorption, thermic distillation.

В современном мире функционирование промышленных объектов неизбежно влечет за собой ухудшение качества окружающей среды. Одной из острейших проблем, связанной с развитием промышленности, является антропогенное вмешательство в круговорот тяжелых металлов (ТМ) в окружающей среде. Избыточное количество ТМ, содержащееся в воде, воздухе, почве в доступном для живых организмов виде, является потенциально опасным. В связи с этим, проблема поступления ТМ в окружающую среду со сбросами, отходами различных отраслей промышленности всегда требует самого пристального рассмотрения.

Особенности состава сточных вод горно-обогатительных комбинатов

Источниками ТМ являются многие промышленные производства: гальваническое, металлургическое, машиностроительное и особенно горнодо-

бывающее. Потоки сточных вод, обогащенные ТМ, формирующиеся, например, в гальванических цехах, имеют состав, регламентируемый используемой технологией. По этой причине для таких производств процесс очистки сточных вод изучен достаточно хорошо и применяется весьма успешно. Однако при использовании этих же методов для очистки сточных вод горнодобывающих предприятий необходимо учитывать, что формирование большей части сточных вод на горно-обогатительных комбинатах происходит в результате измененных техногенезом природных процессов. Это обуславливает непостоянство химического состава сточных вод, требующих очистки.

Загрязнение природных поверхностных и подземных вод в зоне воздействия горно-обогатительного комбината (ГОК) происходит в результате поступления в них:

- подотвальных вод, формирующихся за счет атмосферных осадков и влаги, конденсирующейся в толще отвалов;
- шахтных вод (вод, поступающих в горные выработки и подвергающихся физико-химическому изменению в процессе горных работ и откачиваемых на поверхность);
- фильтрационных вод хвостохранилищ и технологических прудов;
- неочищенных или недостаточно очищенных производственных и хозяйственных сточных вод, в том числе при проливах и аварийных сбросах.

Для Республики Башкортостан (РБ) проблема очистки сточных вод горнодобывающих производств стоит особенно остро. На территории РБ расположено несколько крупных предприятий горнопромышленного комплекса. Большинство из них расположены на территориях, гидрологическая сеть которых представлена малыми реками. Расход воды в таких водотоках соразмерен, а иногда может быть и меньше объема отводимых в них сточных вод. В связи с этим сброс неочищенных сточных вод приводит к подавлению процессов самоочищения водоемов и необратимым нарушениям природного состояния водных объектов.



Состав сточных вод горно-обогатительного комбината

Показатели	Шахтная вода	Подотвальная вода
pH	5,5	2,7
Кальций, мг/дм ³	600	815
Магний, мг/дм ³	600	980
Натрий, мг/дм ³	120	130
Железо общ., мг/дм ³	75	510
Цинк, мг/дм ³	205	560
Медь, мг/дм ³	25	200
Марганец, мг/дм ³	40	165
Кадмий, мг/дм ³	1,0	1,0
Сульфаты, мг/дм ³	4100	16 000
Взвешенные вещества, мг/дм ³	3080	165
Сухой остаток, мг/дм ³	5200	26 000

Формирование качества сточных вод горно-обогатительных комбинатов зависит от состава добываемых руд и образованных отвалов, технологий добычи и обогащения руд, климатических, метеорологических, гидрологических условий местности, в которой расположено производство.

Усредненные основные показатели состава сточных вод, подлежащих очистке, приведены в таблице. Так как основными объектами разработки в РБ являются месторождения полиметаллических сульфидных руд, формирующиеся потоки вод, как видно из таблицы, характеризуются высокими содержаниями ТМ (особенно железа, меди, цинка) и сульфатов. Поэтому технология очистки должна не только обеспечивать освобождение раствора от ТМ, но и уменьшать общее солесодержание и количество сульфатов.

Реагентный метод (нейтрализация)

Одним из самых распространенных, давно используемых и хорошо известных методов очистки кислых сточных вод от ТМ является реагентный

метод (нейтрализация). Суть метода заключается в обработке кислых вод, содержащих ТМ, щелочными реагентами (гидроксидом кальция, гидроксидом натрия, гидроксидом калия и т. д.) в результате которой происходит осаждение ТМ в виде гидроксидов, плохо растворимых в воде.

При использовании реагентного метода для очистки сточных вод ГОКов необходимо учитывать их высокоминерализованный состав, так как произведение растворимости гидроксидов ТМ зависит от солевого фона и ионной силы раствора.

Технологический процесс очистки кислых сточных вод методом нейтрализации проходит в три этапа:

1) смешение потоков шахтных и подотвальных вод с целью усреднения состава;

2) нейтрализация раствором щелочного реагента (чаще всего раствором известкового молока);

3) отстаивание в горизонтальных отстойниках. Принципиальная технологическая схема приведена на рис. 1.

На первом этапе происходит смешение шахтных и подотвальных вод в усреднителе и увеличение pH потока. На этой стадии начинается частичное выпадение в осадок Fe^{3+} . Далее воды поступают в узел нейтрализации, куда дозируется раствор щелочного реагента до достижения pH раствора величины не менее 8,5, но не более 10. В качестве подщелачивающего агента для рассматриваемых вод чаще используют $Ca(OH)_2$, так как при реакции нейтрализации происходит не только образование гидроксидов ТМ, но и частичное связывание сульфат-ионов ионами Ca^{2+} и выпадение осадка $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. На выходе с узла нейтрализации в очищаемые воды вводится флокулянт для интенсификации процесса хлопьеобразования и более быстрого осаждения образовавшихся гидроксидов металлов. Далее сточные воды подаются в систему

вертикальных отстойников, где происходит отстаивание, сгущение осадка и сбор осветленной воды. По мере накопления осадка в отстойниках проводится его откачка и очистка рабочего объема отстойника. Часть осветленной воды возвращается обратно в производство, а остальное подлежит сбросу в поверхностные водотоки.

Достоинством этого метода является сравнительная небольшая себестоимость очистки, достаточная эффективность по отношению к ТМ.

Недостатками данной технологии являются: образование большого количества обводненного осадка;

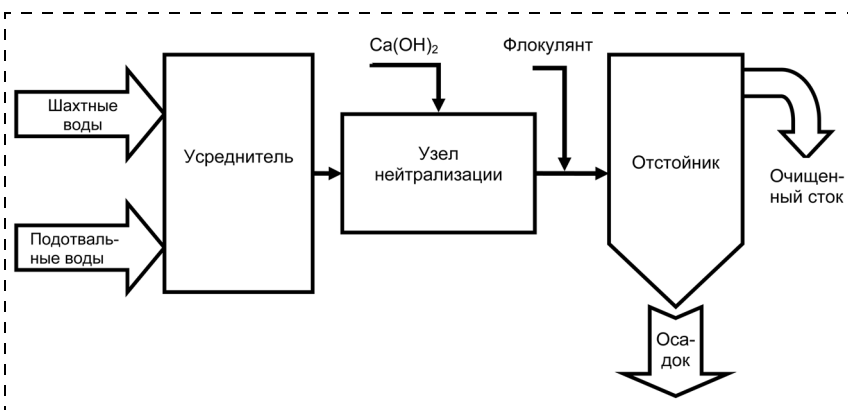


Рис. 1. Принципиальная схема нейтрализации сточных вод горно-обогатительного предприятия

недостаточная эффективность очистки по отношению к сульфатам; трудности при дозировании реагентов вследствие непостоянства состава воды, подаваемого на очистку.

Метод нейтрализации целесообразно применять для первичной очистки от основного объема ТМ. В дальнейшем полученный очищенный сток следует отправлять на доочистку от сульфатов и доведения содержания ТМ до норм ПДК_{рыб-хоз}.

Биохимический метод

Биохимическая очистка промышленных сточных вод, обогащенных ТМ и сульфатами, основана на использовании микроорганизмов, способных образовывать сульфиды при восстановлении сульфатов. Данный метод широко применяется в зарубежных странах.

Биохимический метод основан на использовании симбиоза микроорганизмов, ведущей группой в котором являются сульфатовосстанавливающие бактерии (СВБ), представляющие собой группу анаэробных микроорганизмов, которые способны восстанавливать сульфаты до сероводорода с одновременным окислением органических веществ. Образующийся биогенный сероводород химически взаимодействует с растворенными формами ионов ТМ, образуя нерастворимые сульфиды металлов, выпадающие в осадок. Следует отметить, что сульфиды металлов гораздо менее растворимы в воде по сравнению с гидроксидами. Объем получаемого осадка мал (до 0,5 % от объема обрабатываемой воды при влажности осадка 75 %), к тому же он состоит на 70 % из нерастворимых соединений ТМ и может быть использован для закладки в отработанные подземные рудники, а затем в качестве техногенного сырья для вторичного извлечения ТМ.

В состав технологической схемы биохимической очистки от ТМ (рис. 2) входят следующие основные узлы:

предварительной обработки (нейтрализации) сточных вод;

биохимической очистки от ТМ в биотенке 1 стадии;

переработки биогенного сероводорода в товарный продукт (биотенк 2 стадии);

выделение осадка.

Подотвальные воды, поступающие на очистку, характеризуются низким значением рН = 2,5...3. В связи с этим, перед подачей их на биохимическую очистку, необходим процесс нейтрализации избыточной ки-

слотности с целью создания оптимальных условий для "работы" бактерий в биореакторе. Для этого необходимо введение щелочного агента (наиболее часто используется раствор известкового молока) до достижения рН среды, равной 6,5...7. В результате нейтрализации происходит частичное выпадение ТМ в осадок в виде гидроксидов.

Основным узлом данного технологического процесса является биохимическая обработка сточных вод в биотенках. Биотенки представляют собой герметичный аппарат вертикального типа с пористой загрузкой. На первой стадии происходит образование биогенного сероводорода, его взаимодействие с растворенными ионами ТМ и образование сульфидов металлов. В результате этого происходит удаление ТМ и снижение общего солесодержания вод на 50...60 %. На второй стадии биохимической обработки происходит восстановление остаточного количества сульфатов и перевод образовавшегося сероводорода в товарный продукт — сульфид натрия (является умеренным восстановителем, используется при получении органических соединений; при флотационных процессах, способствуя абсорбции масла на поверхности руд за счет осернения; используется также для удаления щетины при дублении, в косметических препаратах и как средство против паразитов).

Расчетная эффективность по данной технологии достигает по металлам до 99 %, количество сульфатов уменьшается на 80...85 %.

Однако данная технология имеет много негативных экологических последствий. Очищенные указанным методом воды возвращаются в систему оборотного водоснабжения предприятий и, несмотря на широкое использование этой технологии, в мировой практике нет данных о сбросе очищенных данным методом вод в природные водные

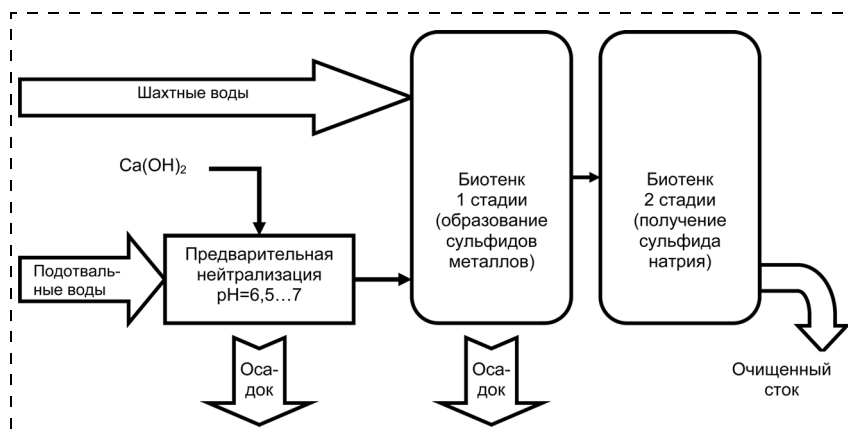


Рис. 2. Принципиальная схема биохимической очистки от ТМ сточных вод горно-обогатительного предприятия



объекты. Другим требованием использования этой технологии в горнодобывающей отрасли является полное исключение попадания очищенных сточных вод с бактериальной массой в хвостохранилище. В противном случае, это может привести к неконтролируемому процессу сульфатредукции и образованию чрезвычайно большого количества сероводорода, которое приведет к непредсказуемым экологическим последствиям во много раз более серьезным, чем ущерб окружающей среде при сбросе неочищенных сточных вод.

Сорбционные и ионообменные методы

Сорбционные и ионообменные методы находят все более широкое применение в природоохранной практике предприятий цветной металлургии. Существует ряд технологий по сорбционной доочистке сточных вод гальванических производств.

Возможности развития этого направления работ могут быть значительно расширены за счет использования высокоэффективных волокнистых материалов и синтетических цеолитов и ионитов.

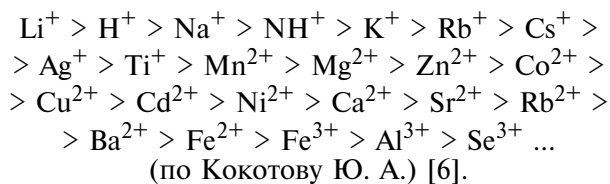
Различают следующие виды ионитов по знаку заряда обмениваемых ионов:

- катиониты — иониты с закрепленными на матрице анионами или анионообменными группами, обменивающиеся с внешней средой катионами;
- аниониты — иониты с закрепленными на матрице катионами или катионообменными группами, обменивающиеся с внешней средой анионами;
- амфолиты — закрепленные катионообменные и анионообменные группы, в определенных условиях выступающие либо как катионит, либо как анионит; используются для переработки технологических растворов.

По рабочему диапазону pH очищаемой воды

- слабокислые катиониты (pH > 5)
- сильноокислые катиониты (pH = 1...14)
- слабоосновные аниониты (pH < 8...9)
- сильноосновные аниониты (pH = 1...4).

Одно из важнейших свойств ионитов — селективность. Для сульфокатионитов (сильнокислых катионитов), которые являются предпочтительными для очистки вод с рассматриваемым химическим составом, характерен следующий ряд средства извлекаемых ионов к иониту:



Сродство к иониту катионов, стоящих в этом ряду, возрастает слева направо, т. е. "левые" поглощаются ионитом хуже катионов, стоящих справа (подразумевается, что концентрации ионов равны).

Технологическое решение по сорбционной очистке (рис. 3) предполагает следующие этапы:

- 1) предварительное доведение pH сточных вод, подаваемых на очистку, до значений 4...5;
- 2) отстаивание с целью выделения образовавшегося осадка;
- 3) сорбционная доочистка.

Первый этап данной технологии предусматривает корректировку pH потока сточных вод путем смешения более кислых подотвальных вод с менее кислыми шахтными и дополнительным подщелачиванием известковым молоком до значений 4...5 с целью выделения гидроксида железа (III). Так как высокоразвитая поверхность $\text{Fe}(\text{OH})_3$ способствует выделению коллоидов и уводит из раствора органические соединения кислого характера.

На втором этапе происходит отстаивание образовавшегося в результате подщелачивания осадка, состоящего из гидроксидов металлов, что обеспечивает частичное удаление ТМ из обрабатываемых сточных вод.

Оставшиеся в воде загрязнения, состоящие из сульфатов (в большей степени) хлоридов металлов, удаляются методом сорбции при пропускании очищаемой воды через цеолиты или иониты.

Достоинствами этого метода являются: глубокая степень очистки от ТМ и сульфатов при правильном подборе сорбентов, селектив-

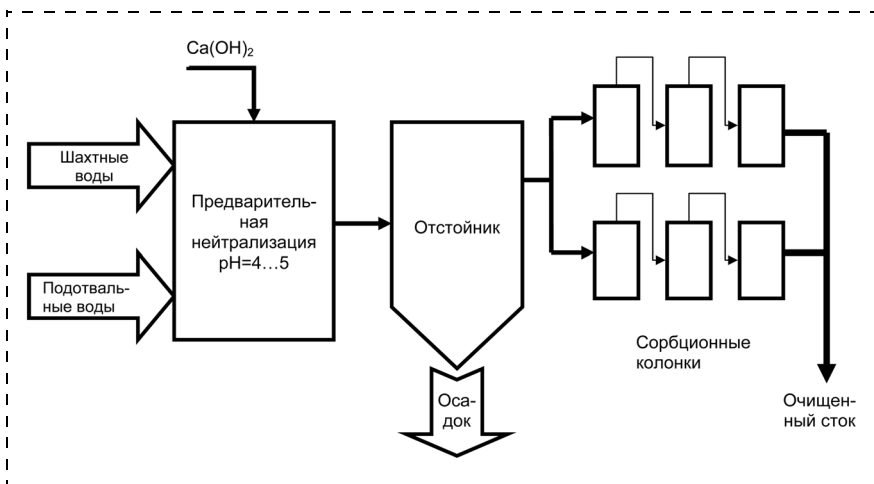


Рис. 3. Принципиальная схема сорбционной очистки сточных вод горно-обогатительного предприятия

ность извлечения, что может облегчить вторичное использование ТМ, возможность сброса очищенных вод в природные водоемы.

Однако данный метод обладает и рядом недостатков. Известные ионообменные методы малопродуктивны, требуют больших капитальных затрат, значительных производственных затрат при эксплуатации, большого расхода реагентов. Так, например, для регенерации одного объема ионита требуется пятикратный объем 3...10 %-ного регенерирующего раствора, содержащего щелочи или кислоты.

Еще одним существенным недостатком при практическом применении ионитов может стать "нарушение" порядка поглощения ионов относительно приведенного выше ряда сродства ионов к ионитам. Когда концентрации ионов различны, катионитом — по закону действующих масс — поглощаются ионы, присутствующие в наибольшей концентрации. Поэтому для данной воды велика вероятность того, что поглощение ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} будет препятствовать поглощению ионитами ТМ. Помимо этого, на работу ионитов значительное влияние оказывают содержания Fe^{2+} , Fe^{3+} и Mn^{2+} . И, несмотря на то, что подаваемые на очистку воды предлагается предварительно нейтрализовать до значений $\text{pH} = 4...5$ с высаживанием $\text{Fe}(\text{OH})_3$, то растворенные формы Fe^{2+} по-прежнему будут присутствовать в растворе, так как интенсивное высаживание $\text{Fe}(\text{OH})_2$ начинается при $\text{pH} = 7,5$. Если железо содержится в растворенном виде, то в соответствии с рядом селективности при обработки воды Fe^{2+} задерживается раньше и лучше ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} и труднее вымывается из ионита при регенерации. Также эти соединения способны обволакивать зерна ионитов, заполнять поры и, таким образом, блокировать ионообменные центры ионитов, следствием чего становится низкая эффективность очистки. Во избежание ухудшения технологических свойств ионитов фирмы-производители нормируют содержание $\text{Fe}_{\text{общ}}$ и Mn^{2+} в воде перед ионитами. Рекомендуемое содержание железа не более 0,3...0,5 мг/л, марганца — не более 0,1 мг/л. Такие требования практически сводят на "нет" всю целесообразность использования сорбционной технологии.

Помимо этого, при реализации данной технологии образуется не только большое количество сильно обводненного осадка (90...95 % воды от общего объема) при нейтрализа-

ции, но и использованный ионит и регенерирующий раствор, которые также требуют решения проблем их утилизации.

Метод термической дистилляции с предварительным осветлением

Принципиальная технологическая схема осуществляется в три этапа:

- 1) подготовка (освобождение от взвешенных частиц);
- 2) концентрирование и доупаривание на выпарных установках;
- 3) узел выделения металлов.

Принципиальная схема предлагаемой технологии представлена на рис. 4.

На этапе подготовки исходная вода двумя потоками (отдельно шахтные и подотвальные воды) поступает в систему тонкослойных отстойников для очистки от взвешенных частиц. Образовавшийся осадок направляется на обезвоживание. Далее поток шахтной воды частично упаривается в дистилляционных опреснительных установках, а затем доупаривается в выпарных установках до образования концентрированного рассола. Упаривание проводится до уменьшения начального объема шахтных вод до 40 раз. Поток подотвальных вод после отстойников подается сразу на вторую ступень доупаривания шахтных вод на выпарных установках.

При упаривании на различных ступенях образуются следующие продукты: дистиллят, гипс, рассол сульфата магния. Конденсация вторичных паров последних ступеней выпарных установок осущест-

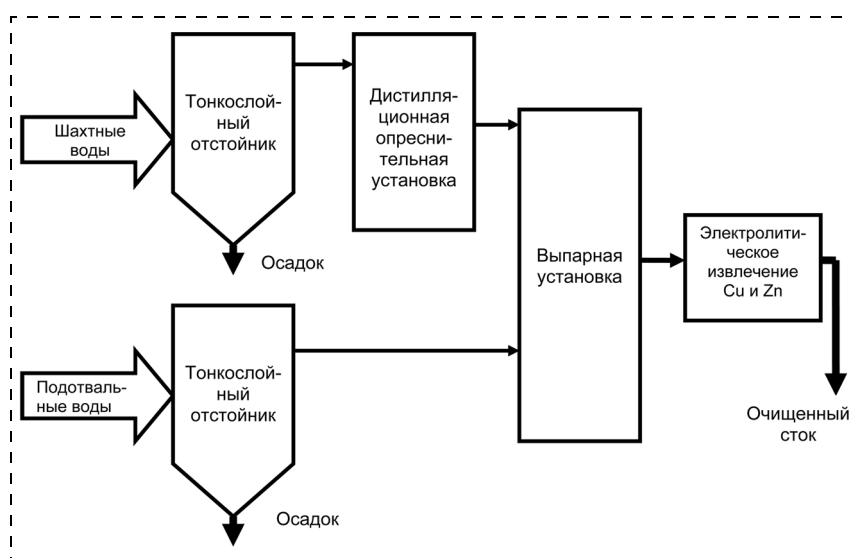


Рис. 4. Принципиальная схема очистки сточных вод горно-обогатительного предприятия методом термической дистилляции



вляется на рециркуляционном потоке рассола этих установок, что позволяет отказаться от использования охлаждающей воды.

Весь сконцентрированный и доупаренный сток направляется на извлечение меди и цинка, которое можно осуществить электролитическим методом. После извлечения металлов сток, образующийся в небольшом количестве, направляется на орошение отвалов.

Достоинствами этого метода являются глубокая степень очистки сточных вод, образование сравнительно небольших объемов стока и осадка (при обезвоживании можно использовать для закладки выработок), получение товарных продуктов в виде меди, цинка, гипса, сульфата магния.

Недостатками данной технологии являются наибольшие (из представленных технологий) капитальные вложения и производственные расходы (на подогрев воды, электролитическое выделение металлов используется огромное количество электроэнергии), поэтому проблема сброса сточных вод в водные объекты уступает место проблеме выбросов в атмосферный воздух, так как эксплуатация ТЭЦ, которая необходима для получения требуемого количества электроэнергии, приведет к значительным выбросам загрязняющих веществ, образующихся при сгорании топлива.

Заключение

Проблема очистки сточных вод горно-обогатительных предприятий всегда стоит достаточно остро, вследствие образования загрязненных вод в большом объеме и их высокой экологической опасности для окружающей среды. Имеющиеся на сегодняшний день технологии для очистки сточных вод гальванических производств требуют серьезной адаптации для применения их на предприятиях горнорудной промышленности, так как состав гальванических сточных вод достаточно стабилен в рамках одной технологии, а воды горно-обогатительных комбинатов, требующие очистки, имеют сложную природную матрицу и нестабильный состав.

Как видно из представленного обзора, к настоящему времени нет детально разработанной и готовой к внедрению эффективно работающей и экономически выгодной технологии по очистке рассматриваемых сточных вод до норм, позволяющим сбрасывать сточные воды в водные объекты, не нанося серьезного ущерба окружающей среде. Но в сложившейся в стране ситуации нужно учитывать экономическую сторону вопроса, причем зачастую этот аспект выходит при выборе технологий на первый план.

Исходя из приведенного обзора видно, что невозможно в одну стадию осуществить эффективную очистку сточных вод горно-обогатительных предприятий, поскольку ни одна из существующих технологий не может одновременно решить проблему очистки и от высокого содержания ТМ, и от сульфатов. Но в качестве первой стадии наиболее экологически приемлемой и экономически целесообразной в настоящее время следует признать метод нейтрализации известковым молоком с последующим осветлением. В перспективе необходимо дополнить процесс очистки сточных вод ГОКов стадией доочистки, которая может осуществляться сорбционными, биохимическими методами и т. д. В итоге технология очистки таких вод должна основываться на применении комбинированных методов с целью доведения качества сбрасываемых сточных вод до установленных законодательством нормативов.

Список литературы

1. **Кульский Л. А., Когановский А. М., Сотникова Е. В., Шмарук В. Л.** Очистка промышленных сточных вод. — Киев: Техніка, 1974.
2. **Смирнов Д. Н., Генкин В. Е.** Очистка сточных вод в процессах переработки металлов. — М.: Металлургия, 1989.
3. **Максин В. И.** Оценка взаимного влияния ионов на реактивную очистку сточных вод гальванических производств // Химия и технология воды. — 1997. — № 6. — Т. 19. — 1997.
4. **Смирнова Г. Ф., Баглай С. В., Цуриков С. П., Смирнов Ю. Ю.** Опыт успешного внедрения и эксплуатации биохимической технологии очистки сточных вод предприятия // Сборник тезисов докладов научно-практической конференции в рамках 4-й Международной специализированной выставки "Машиностроение-2000. Промышленная экология". — Челябинск, 2000. — С. 26—30.
5. **Баглай С. В., Смирнова Г. Ф., Смирнов Ю. Ю., Цуриков С. П.** Экологически чистая замкнутая технология биохимической очистки промышленных сточных вод // РЖ ВИНТИ № 01-03-83.270К; БД: ОС04.
6. **Кокотов Ю. А.** Иониты и ионный обмен. — Л.: Химия, 1980.
7. **Водоподготовка:** Справочник / Под ред. С. Е. Беликова. — М.: Акватерм, 2007.
8. **Амирханова Ф. А., Кудашева Ф. Х., Резник Л. Б.** Извлечение из сточных вод горнодобывающих предприятий ионов железа (III) и марганца (II) // Материалы научно-практической конференции, посвященной 95-летию основания Башкирского государственного университета "Университетская наука — Республике Башкортостан". — Уфа, 2004. — С. 120
9. **Перспективы** использования горизонтально-трубных выпарных установок в системах водного хозяйства предприятий: Научно-информационное издание / Под ред. В. Л. Подберезного. — Челябинск, 2002.
10. **Макаров Э. А., Подберезный В. Л., Сонин В. И., Черных Н. Е., Яковлев В. В.** Комплекс по переработке подотвальных и шахтных вод Учалинского горно-обогатительного комбината // Материалы второй Всероссийской научно-практической конференции "Отходы — 2000". — Уфа. — Часть 1. — С. 175—179.

УДК 658.382

Н. В. Барановский, канд. физ.-мат. наук,
НИИ прикладной математики и механики Томского государственного университета;
Томский политехнический университет,
e-mail: firedanger@narod.ru

Модель дифференцированной оценки лесной пожарной опасности по антропогенным причинам

Рассматривается усовершенствованная версия детерминированно-вероятностной модели оценки лесной пожарной опасности. Модель учитывает разнообразие антропогенных причин возникновения лесных пожаров. Представлены результаты модельных расчетов вероятности возникновения лесных пожаров по различным сценариям влияния антропогенной нагрузки по Томской области (Россия) и острову Ванкувер (Канада).

Ключевые слова: прогноз, лесная пожарная опасность, детерминированно-вероятностная модель, антропогенная нагрузка.

Baranovskiy N. V. Forest fire danger estimation model by the differentiated anthropogenous reasons

Advanced version of determined-probability model of forest fire danger rating is considered. Model considers a variety of the anthropogenous reasons of occurrence of forest fires. Results of modelling calculations of forest fire probability under various scenarios of influence of anthropogenous loading on Tomsk region (Russia) and Vancouver island (Canada) are presented.

Keywords: forecast, forest fire danger, determined-probability model, anthropogenous loading.

Введение

В результате лесных пожаров уничтожается лесной фонд как России, так и многих других государств. Кроме того, в результате многочисленных пожаров на лесопокрытых территориях в атмосферу выбрасываются газообразные, конденсированные и дисперсные продукты пиролиза и горения лесных горючих материалов (ЛГМ) [1, 2]. Как последствия, так и причины возникновения лесных пожаров разнообразны. Среди природных причин достаточно выделить возникновение лесных пожаров в результате грозовой активности [3, 4]. Такими причинами, как вулканическая деятельность и самовоспламенение ЛГМ можно пренебречь: первой причиной — ввиду чрезвычайно малой доли в общем числе лесных пожаров; второй по физическим со-

ображениям, так как самовоспламенение напочвенного покрова и дальнейшее образование очага низового лесного пожара невозможно [5]. Более многообразны антропогенные причины возникновения лесных пожаров.

Цель рассматриваемого исследования — разработка модели прогноза лесной пожарной опасности для ее дифференцированной оценки по антропогенным причинам.

Антропогенная нагрузка и лесные пожары

Как уже отмечалось выше, антропогенные причины возникновения лесных пожаров достаточно разнообразны [6, 7]. Следует разработать модель дифференцированной оценки лесной пожарной опасности по антропогенным причинам с учетом как специфики нашего государства [7], используя сведения из зарубежных источников [6]. Вызывает интерес исследование лесных пожаров, возникших в результате человеческой деятельности, на территории острова Ванкувер (Канада). Причины возникновения лесных пожаров от антропогенной нагрузки на этой территории представлены в табл. 1.

Причины возникновения лесных пожаров на территории Томской области также достаточно разнообразны. В табл. 2 приведены сводные данные

Таблица 1

Причины возникновения лесных пожаров от антропогенной нагрузки на острове Ванкувер [6]

Причина пожара	Число пожаров
Смешанная	2567
Рекреационная деятельность	1809
Заготовка леса	1021
Очистка земель	512
Влияние железной дороги	189
Другие индустриальные источники	120
Влияние трасс автодорог	104
Не определена	7
Всего	6329



Таблица 2

Лесные пожары в Томской области в 1993—2002 гг. [7]

Причина пожара	Число пожаров	% от общего числа
Местное население	1249	52,86
Гроза	891	37,71
Лесозаготовители	12	0,51
Сельхозпалы	3	0,13
Высокие температуры воздуха	1	0,04
Влияние железной дороги	9	0,38
Остатки костра	1	0,04
ЛЭП	1	0,04
Выжигания разлива нефти	2	0,08
Выхлоп газов в воздух	1	0,04
Объекты лесного хозяйства	8	0,34
Падение ступени ракеты	2	0,08
Экспедиции	1	0,04
Не установлено	182	7,70
Всего	2363	100

по причинам возникновения очагов лесных пожаров на территории области в 1993—2002 гг. [14].

Сравнительный анализ российских и зарубежных данных показывает, что на территории Томской области подавляющее большинство антропогенно обусловленных пожаров происходит по вине местного населения и другими антропогенными причинами можно пренебречь. Однако на территории канадского острова Ванкувер доля лесных пожаров от других антропогенных источников велика, более того, большинство пожаров на острове имеют смешанную причину возникновения. Лесные пожары 2008 г. в Греции позволяют говорить о том, что необходимо учесть в модели и такую причину, как умышленный поджог. Поэтому с целью разработки универсальной территориально независимой модели прогноза лесной пожарной опасности в результате антропогенной нагрузки следует учесть все причины возникновения очагов пожаров.

Модель дифференцированной оценки лесной пожарной опасности

С целью наиболее полного охвата антропогенных причин возникновения лесных пожаров введем следующие события: A_1 — умышленный поджог; A_2 — небрежное обращение с огнем; A_3 — сельскохозяйственные палы; A_4 — влияние железной дороги; A_5 — ЛЭП; A_6 — выжигания разлива нефти; A_7 — влияние автомобильных трасс; A_8 — падение ступени ракеты; A_9 — аварии на технологических объектах, расположенных на лесопокры-

тых территориях; A_{10} — причина не установлена. Вследствие смешанных причин итоговая вероятность возникновения лесных пожаров по антропогенным причинам может быть определена по теореме о сложении вероятностей для совместных событий:

$$P(ЛП) = P\left(\bigcup_{i=1}^n P(ЛП_i)\right) = \sum_{i=1}^n P(ЛП_i) - \sum_{i<j} P(ЛП_iЛП_j) + \sum_{i<j<k} P(ЛП_iЛП_jЛП_k) - \dots + (-1)^{n-1} P(ЛП_1ЛП_2\dotsЛП_n), \quad (1)$$

где $n = 10$ — число антропогенных причин возникновения лесных пожаров; $P(ЛП)$ — вероятность возникновения лесных пожаров по всей совокупности антропогенных причин. Формула выражает вероятность суммы любого числа событий через вероятности произведений этих событий. Суммы распространяются на все возможные комбинации индексов i, j, k (соответствуют конкретным антропогенным причинам), взятых по одному, по два, по три и т. д. Например, для $n = 3$ эта формула примет вид:

$$P(ЛП) = P\left(\bigcup_{i=1}^3 P(ЛП_i)\right) = P(ЛП_1) + P(ЛП_2) + P(ЛП_3) - P(ЛП_1ЛП_2) - P(ЛП_1ЛП_3) - P(ЛП_2ЛП_3) + P(ЛП_1ЛП_2ЛП_3).$$

Вычисление вероятности по формуле (1) сопряжено с большими трудностями. Предположим, что возникновения лесных пожаров по различным причинам есть независимые события, т. е. одна причина не зависит от другой. В этом случае можно записать вероятность возникновения лесных пожаров по антропогенным причинам через противоположное событие. Если $ЛП_i$ — возникновение лесного пожара по i -й антропогенной причине (независимое событие), то $ЛП = \bigcup_{i=1}^{10} ЛП_i$ — вероятность возникновения лесных пожаров по всей совокупности антропогенных причин, а противоположное событие — $\overline{ЛП} = \bigcap_{i=1}^{10} \overline{ЛП}_i$. Вероятность противоположного события $P(\overline{ЛП}) = \prod_{i=1}^{10} P(\overline{ЛП}_i)$. Вернувшись к первоначальному событиям, получим равенство:

$$1 - P(ЛП) = \prod_{i=1}^{10} (1 - P(ЛП_i)). \quad (2)$$



В итоге вероятность возникновения лесных пожаров по совокупности антропогенных причин можно определить по формуле

$$P(\text{ЛП}) = 1 - \prod_{i=1}^{10} (1 - P(\text{ЛП}_i)), \quad (3)$$

а вероятность лесного пожара по конкретной антропогенной причине по формуле

$$P(\text{ЛП}_i) = P(A)P(A_{j,i}/A)P(\text{ЛП}/A, A_{j,i}), \quad (4)$$

где $P(A)$ — вероятность антропогенной нагрузки (посещения лесной территории); $P(A_{j,i}/A)$ — вероятность i -й антропогенной причины при условии посещения лесной территории в j -й день недели; $P(\text{ЛП}/A, A_{j,i})$ — вероятность лесного пожара в j -й день по i -й антропогенной причине, которая определяется по формуле

$$P(\text{ЛП}/A, A_{j,i}) = P(C)P(\mathcal{Z}_i/C),$$

где $P(C)$ — вероятность того, что ЛГМ достаточно сухой; $P(\mathcal{Z}_i/C)$ — вероятность зажигания ЛГМ i -й антропогенной нагрузки при условии, что ЛГМ достаточно сухой.

Модель может быть достаточно просто распространена на общий случай учета грозовой активности — введением события A_{11} — грозовая активность:

$$P(\text{ЛП}_{11}) = P(M)P(M_k/M)P(\text{ЛП}/M, M_k), \quad (5)$$

где $P(M)$ — вероятность сухих гроз; $P(M_k/M)$ — вероятность наземного грозового разряда на k -й час суток при условии прохождения грозы; $P(\text{ЛП}/M, M_k)$ — вероятность лесного пожара на k -й час суток при условии прохождения грозы, которая определяется по формуле:

$$P(\text{ЛП}/M, M_k) = P(C)P(\mathcal{Z}_M/C),$$

где $P(C)$ — вероятность того, что ЛГМ достаточно сухой; $P(\mathcal{Z}_M/C)$ — вероятность зажигания ЛГМ наземным грозовым разрядом (молнией) при условии, что ЛГМ достаточно сухой.

Варианты расчета вероятностных членов

Вариант 1. Используем статистические данные по лесным пожарам [8]:

$$P(\mathcal{Z}_i/C) \approx \frac{N_{\text{па}}^i}{N_{\text{кп}}}, \quad P(\mathcal{Z}_{11}/C) \approx \frac{N_{\text{пм}}}{N_{\text{кп}}}, \quad (6)$$

где $N_{\text{па}}$ — число пожаров от i -й антропогенной причины; $N_{\text{пм}}$ — число пожаров от ударов молний; $N_{\text{кп}}$ — общее число пожаров.

Вариант 2. Используем данные экспериментов [8]:

$$P(\mathcal{Z}_i/C) \approx \frac{N_{\text{за}}^i}{N_{\text{кза}}}, \quad P(\mathcal{Z}_M/C) \approx \frac{N_{\text{зм}}}{N_{\text{кзм}}}, \quad (7)$$

где $N_{\text{за}}^i$ — число попыток, когда ЛГМ зажегся от i -го антропогенного источника; $N_{\text{кза}}$ — общее число попыток зажечь ЛГМ антропогенным источником, $N_{\text{зм}}$ — число попыток, когда ЛГМ зажегся электрическим разрядом; $N_{\text{кзм}}$ — общее число попыток зажечь ЛГМ электрическим разрядом.

Вариант 3. Используем результаты численного моделирования процесса зажигания ЛГМ i -м антропогенным источником или мощным электрическим разрядом. Генератор случайных чисел используется для задания характеристик антропогенного источника (например, размер и температура горячей частицы) и грозового удара в землю (например, продолжительность разряда, сила тока). Рассчитывается некоторое число различных вариантов задач зажигания ЛГМ антропогенным источником [5] и ударом молнии в дерево [4]. Какие-то варианты приведут к зажиганию, а какие-то нет. Тогда искомые вероятности можно определить также по формулам (7), но в данном случае $N_{\text{за}}^i$ будет число вариантов расчета, когда ЛГМ зажегся от i -го антропогенного источника; $N_{\text{кза}}$ — общее число вариантов расчета процесса зажигания ЛГМ антропогенным источником, $N_{\text{зм}}$ — число вариантов расчета, когда ЛГМ зажегся электрическим разрядом, $N_{\text{кзм}}$ — общее число вариантов расчета процесса зажигания ЛГМ электрическим разрядом молнии.

Сценарное моделирование лесной пожарной опасности

Рассматривается типичная лесная территория бореальной зоны. По породному составу преобладает сосна. Напочвенный покров большей частью состоит из опада хвои сосны с очень малым количеством тонких сосновых веточек. Лесопокрытая территория находится в близости к населенному пункту, что обуславливает преобладание антропогенной нагрузки. Для расчета времени сушки слоя ЛГМ использованы справочные данные [9] для июня месяца. Рассматривается сценарий антропогенной нагрузки, характерный для выходных дней: расчеты проведены для субботы [10].



Таблица 3

Вероятность возникновения лесных пожаров (Томская область)

N_A , дней	P (ЛП)	P (ЛП ₁)	P (ЛП ₂)	P (ЛП ₃)	P (ЛП ₄)	P (ЛП ₅)	P (ЛП ₆)	P (ЛП ₇)	P (ЛП ₈)	P (ЛП ₉)	P (ЛП ₁₀)	P (ЛП ₁₁)
90	0,552	0	0,491	0,001	0,003	0	0	0,0004	0	0,003	0,071	0,044
80	0,499	0	0,436	0,001	0,003	0	0	0,0004	0	0,002	0,063	0,044
70	0,446	0	0,382	0,001	0,002	0	0	0,0003	0	0,002	0,055	0,044
60	0,391	0	0,327	0,001	0,002	0	0	0,0003	0	0,002	0,047	0,044

N_A — количество дней с антропогенной нагрузкой

Таблица 4

Вероятность возникновения лесных пожаров (Ванкувер, Канада)

N_A , дней	P (ЛП)	P (ЛП ₁)	P (ЛП ₂)	P (ЛП ₃)	P (ЛП ₄)	P (ЛП ₅)	P (ЛП ₆)	P (ЛП ₇)	P (ЛП ₈)	P (ЛП ₉)	P (ЛП ₁₀)	P (ЛП ₁₁)
90	0,719	0	0,608	0,172	0,063	0	0	0,034	0	0,040	0,002	0
80	0,657	0	0,540	0,153	0,056	0	0	0,031	0	0,035	0,002	0
70	0,591	0	0,473	0,133	0,049	0	0	0,027	0	0,031	0,001	0
60	0,521	0	0,405	0,114	0,042	0	0	0,023	0	0,026	0,001	0

Первый сценарий соответствует антропогенной нагрузке на территории Томской области, когда большинство пожаров происходит по вине местного населения. По предложенной классификации причин отнесем это событие к A_2 — небрежное обращение с огнем. В табл. 3 представлены результаты расчета вероятности возникновения лесных пожаров в июне на 13 часов дня с использованием статистических данных по Томской области.

Второй сценарий соответствует антропогенной нагрузке на территории острова Ванкувер, когда в статистике широко представлены разнообразные антропогенные причины возникновения лесных пожаров. В табл. 4 представлены результаты расчета вероятности возникновения лесных пожаров в июне на 13 часов дня с использованием статистических данных по острову Ванкувер (Канада).

По острову Ванкувер отсутствует информация о лесных пожарах от гроз и по этой причине по сравнению с Томской областью на территории этого острова уровень антропогенной нагрузки получается выше и, как следствие, выше итоговая вероятность возникновения лесных пожаров при учете всех антропогенных причин и грозовой активности. Максимальный вклад в общий уровень лесной пожарной опасности на территории Томской области вносит небрежное обращение с огнем. Второй причиной по уровню вклада в общую пожарную опасность является грозовая активность (см. табл. 2). Влияние других антропогенных причин на лесную пожарную опасность на территории Томской области минимально. Увеличение посещаемости лесной территории закономерным обра-

зом влияет на увеличение вероятности возникновения лесных пожаров на контролируемой территории.

На территории канадского острова Ванкувер небрежное обращение с огнем также вносит основной вклад в уровень лесной пожарной опасности. Однако в отличие от Томской области заметное влияние оказывают такие факторы, как очистка земель с помощью сельскохозяйственных палов (второй по величине), близость железной или автомобильной дорог и возникновение нештатных ситуаций на технологических объектах (индустриальные источники). Надо полагать, что это объясняется более высоким уровнем технического развития (как следствие на прилегающие к индустриальным объектам лесопокрытые территории увеличивается антропогенная нагрузка).

Заключение

Первые варианты детерминированно-вероятностной модели прогноза лесной пожарной опасности [8, 10, 11] учитывали антропогенную нагрузку как единый общий фактор. В результате настоящего исследования разработана усовершенствованная версия детерминированно-вероятностной модели прогноза лесной пожарной опасности с учетом дифференцированной оценки по антропогенным причинам. Представлен достаточно полный набор антропогенных причин возникновения лесных пожаров.

На территории Томской области применение данной методики может быть нецелесообразным в настоящих условиях. Однако с увеличением благосостояния населения и техническим развитием



России (особенно в случае развития малоосвоенных территорий) востребованность данной модели будет расти. Результаты модельных расчетов для канадского острова Ванкувер показывают, что уже текущая лесопожарная обстановка требует дифференцированной оценки лесной пожарной опасности по антропогенным причинам. Следует искать пути распространения положительного опыта в области прогноза лесных пожаров на территории развитых стран, таких, как США, Канада, страны Южной Европы.

Учет информации о конкретных причинах возникновения лесного пожара антропогенного характера позволил усовершенствовать существующую методику прогноза лесной пожарной опасности. Конкретизация причин возникновения лесных пожаров может стать базисом для новых разработок в области создания системы усвоения данных об уровне антропогенной нагрузки на контролируемых лесопокрытых территориях [12].

Список литературы

1. **Андреева И. С.** и др. Аэрозоли Сибири. (Интеграционные проекты СО РАН, Вып. 9) / Отв. ред. К. П. Куценогий. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. — 548 с.
2. **Korontzi S.** Seasonal patterns in biomass burning emissions from southern African vegetation fires for the year 2000 // *Global Change Biology*. — 2005. Vol. 11. — N 10. — P. 1680—1700.
3. **Podur J., Martell D. L., Csilagg F.** Spatial patterns lightning-caused forest fires in Ontario 1976—1998 // *Ecological Modelling*. — 2003. — Vol. 164. — N 1. — P. 1—20.
4. **Кузнецов Г. В., Барановский Н. В.** Математическое моделирование зажигания дерева хвойной породы наземным грозовым разрядом // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2008. — Т. 17. — № 3. — С. 41—45.
5. **Кузнецов Г. В., Барановский Н. В.** Математическое моделирование зажигания слоя лесных горючих материалов нагретой до высоких температур частицей // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2006. — Т. 15. — № 4. — С. 42—46.
6. **Pew K. L., Larsen C. P. S.** GIS analysis of spatial and temporal patterns of human-caused wildfires in the temperate rain forest of Vancouver Island, Canada // *Forest Ecology and Management*. — 2001. — Vol. 140. — N 1. — P. 1—18.
7. **Янко И. В.** Пирологическая оценка территории Томской области. Дисс. ... канд. геогр. наук. — Томск: Томский государственный педагогический университет, 2005. — 174 с.
8. **Барановский Н. В.** Модель прогноза и мониторинга лесной пожарной опасности // *Экология и промышленность России*. — 2008. — № 9. — С. 59—61.
9. **Научно-прикладной справочник по климату СССР.** Серия 3. Многолетние данные. Части 1—6. Вып. 20. (Томская, Новосибирская, Кемеровская области и Алтайский край). — Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1993. — 718 с.
10. **Барановский Н. В.** Методика прогнозирования лесной пожарной опасности как основа нового государственного стандарта // *Пожарная безопасность*. — 2007. — № 4. — С. 80—84.
11. **Барановский Н. В.** Интегральная по пространству оценка лесной пожарной опасности // *Пожаровзрывобезопасность*. — 2008. — Т. 17. — № 6. — С. 38—42.
12. **Барановский Н. В.** Моделирование антропогенной нагрузки на лесопокрытую территорию от линейного источника // *Наука на рубеже тысячелетий: Сборник материалов 5-й международной научно-практической конференции: 26—27 октября 2008.* — Тамбов: Изд-во Першина Р. В., 2008. — С. 207—210.

ИНФОРМАЦИЯ

II Научно-практическая конференция

"БЕЗОПАСНОСТЬ РЕГИОНОВ — ОСНОВА УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ"

28 сентября — 1 октября 2009 г.

Иркутский государственный университет (ИРГУПС)
664074, г. Иркутск, ул. Чернышевского, д. 15

Тематика конференции:

- Безопасность техносферы и инфраструктуры жизнеобеспечения.
- Экологическая безопасность природной среды.
- Социальные и экономические аспекты безопасности.
- Концепция и пилотные проекты в области безопасности.
- Инновационная политика как фактор экономической безопасности регионов.

Контакты:

Тел.: (3952) 63-83-89, 63-83-58

Факс: (3952) 38-76-72

E-mail: kck@irgups.ru, kashtan_idpo@irgups.ru

Научно-исследовательская часть ИРГУПС

Отв. Каргапольцев Сергей Константинович, Каштанов Юрий Борисович

Использование возобновляемых источников энергии для обеспечения продовольственной и энергетической безопасности России

Из-за резкого снижения цен на основные энергоносители — нефть и газ, а также постоянно возникающих газовых войн наиболее развитые страны мира активно работают над созданием альтернативных источников энергии. России тоже важно не отстать от этого процесса, чтобы не оказаться "на обочине мировой экономики". О необходимости создания в России полноценной биотехнологической отрасли впервые было заявлено в апреле 2008 г. на общественном форуме "Стратегия-2020", организованном "Единой Россией". Важную составляющую часть этого проекта — разработку производства биотоплива — реализует Государственная корпорация "Ростехнологии" с Топливно-энергетическим союзом и при поддержке Союза машиностроителей России, Общественной палаты и общероссийского движения "Экосфера". В производстве биотоплива важную роль играют нанотехнологии, развитие которых в правительстве страны курирует вице-премьер С. Б. Иванов.

17 апреля 2009 г. в Государственной Думе РФ под председательством спикера палаты Б. В. Грызлова прошло совещание организаций, заинтересованных в проблемах развития биотехнологий в России. Участниками совещания были представители профильных комитетов нижней палаты Федерального собрания, министерств и ведомств, научно-исследовательских организаций и предприятий, которые обсудили законодательное обеспечение использования возобновляемых источников энергии, роль биотоплива из непищевого растительного сырья в обеспечении продовольственной и энергетической безопасности страны, выполнение проекта "Развитие биотехнологий в Российской Федерации". Совещание было организовано по инициативе Союза машиностроителей, возглавляемого генеральным директором Государственной корпорации "Ростехнологии" С. В. Чемезовым.

В мировом сообществе обсуждение проблемы альтернативных источников энергии на основе биотоплива уже имеет свою историю, но особенно активно это происходит в последнее время. Согласно данным, опубликованным в конце января 2009 г., США планируют за 10 лет сократить потребление нефти на тот объем, который сейчас импортируется ими с Ближнего Востока и из Венесуэлы, что составляет 4 млн баррелей в день. Эта программа предусматривает инвестиции в размере 150 млрд долл. США на развитие альтернативной энергетики и получение энергии из возобновляемых источни-

ков, что позволит создать 5 млн новых рабочих мест. В США переработка биомассы в конкурентоспособный биоэтанол — один из национальных приоритетных проектов. Для производства биотоплива построены новые интегрированные заводы, где в качестве первичного сырья используются просо, целлюлоза из пшеничной соломы и кукурузных остатков, отходы деревообрабатывающего производства, городской и садово-огородный мусор.

До 2020 г. Англия собирается инвестировать 16 млрд долл. США для стимулирования развития новых воспроизводимых видов энергии, а Германия в эти же сроки планирует создать 500 тыс. рабочих мест в сфере производства современных видов энергии. Япония еще в 2007 г. приняла документ "Инновации-25", направленный на долгосрочное развитие страны, в котором делается акцент на использование "зеленых индустрий" как основы национального развития. Южная Корея пытается преодолеть нынешний экономический кризис с помощью системы "трех Э" (экология, энергетика, экономика), направленной на рост капиталовложений в рынок биотехнологической продукции.

Эти факты показывают, что в стратегической перспективе России предстоит столкнуться с новыми вызовами, поскольку "одной нефтью сыт не будешь" — так определил Б. В. Грызлов энергетическую перспективу России. "Конечно, нефть и газ останутся стратегическими товарами, но если мы хотим быть не просто поставщиком сырья, мы должны быть представлены со своими продуктами, услугами и, что очень важно, технологиями во всех сегментах энергетики. В том числе — в части, касающейся использования возобновляемых источников".

Такой курс формируется. В начале января 2009 г. было подписано распоряжение Правительства с символическим номером — "№ 1", которое предусматривает к 2010 г. из возобновляемых источников выработку 1,5 % энергии, к 2015 г. — 2,5 %, а к 2020 г. — 4 %, что примерно в пять раз больше текущего уровня. Основу возобновляемых источников энергии будет составлять производство биотоплива, в частности этанола. Получать спирт из всего, что только есть, россияне давно уже "впереди планеты всей". Но вопрос стоит в создании экономически эффективных технологий производства биотоплива из различных видов биологического сырья.

С точки зрения развития биоэнергетики, особый интерес представляет лес, который в России сего-



дня является одним из самых неэффективно используемых ресурсов и это аксиома. Так, по запасам лесных ресурсов страна занимает 1-е место в мире, по лесозаготовке — уже 4-е, по производству пиломатериалов — 5-е, целлюлозы — 7-е, и бумаги и картона — лишь только 12-е место (по данным 2006 г.), пропустив вперед в том числе и маленькую Финляндию. В то же время экспорт необработанной древесины по-прежнему велик — более 36,7 млн м³ в 2008 г. Однако при подготовке программы антикризисных мер на 2009 г. была принята очередная попытка снизить экспортную пошлину на вывоз "круглого" леса. Но Правительство России приняло решение не уменьшать экспортную пошлину ни при каких обстоятельствах.

На экспортном сырье работает множество целлюлозно-бумажных комбинатов в Китае и Финляндии. Только в одной приграничной китайской провинции Хейлуцзян около 700 лесоперерабатывающих предприятий работают на российском сырье. Кроме того, есть еще такое понятие как нелегальный экспорт необработанного сырья, который превратился в настоящий криминальный бизнес. Проведенные органами МВД России проверки в лесных районах, пограничных с Китаем, показали, что там находились незарегистрированные предприятия, которые вывозили в Китай лес контрафактным образом, а в Читинской области были обнаружены даже "частные таможенные переходы". Борьба с таким явлением еще только началась и должна вестись бескомпромиссно.

Правительство России поставило задачу сократить вывоз необработанных лесоматериалов (так называемого круглого леса) на четверть и в перспективе прекратить такой экспорт полностью, с тем, чтобы все перерабатывать на своей территории. Возросшая в разы деревообработка увеличит объем низкосортной древесины и даст значительно больший объем отходов. Такая древесина может быть направлена на плиточное производство и для использования в домостроении, а отходы — это гарантированное сырье для биоэнергетики. Даже элементарное использование в котельных щепы и стружек по сравнению с мазутом может быть выгоднее в 2 раза и более. Но это касается элементарного потребления, а задача стоит более широко — используя свой научный потенциал, создавать самые передовые технологии производства и применения биотоплива.

Проект стратегии развития лесного комплекса России на период до 2020 г. предусматривает выделение на НИОКР только из государственного бюджета средств в размере 12 млрд руб., т. е. примерно по 1 млрд руб. в год. Если кому-то эта сумма покажется излишне большой, то стоит напомнить,

что в Финляндии на эти же цели ежегодно выделяется 500 млн долл. США почти в 15 раз больше, чем в России) и к 2030 г. Финляндия планирует удвоить эту цифру. Сравнение с Финляндией вполне уместно не только потому что это наш северный сосед и климат его похож на российский, но потому, что в Финляндии уже сейчас из возобновляемых источников вырабатывается 23 % всей необходимой электроэнергии, а в России еще только ставится задача — 4,5 % к 2020 г. По мнению Б. В. Грызлова, к показателю Финляндии должна стремиться и Россия. Для этого необходимо определить, какие у нас есть научные и опытно-конструкторские разработки по применению биотехнологий; сконцентрировать усилия ученых, промышленников, руководителей всех уровней на внедрении новых биотехнологий, в том числе биотоплива. Применение биотехнологий для России "является уникальным и абсолютно необходимым", убежден Б. В. Грызлов. "Если Россия сегодня лидер в поставках нефти и газа, то, безусловно, Россия может быть лидером и в поставках биотоплива". Помимо больших площадей лесозаготовок, у нас 160 млн га учтенных площадей для производства сельхозпродукции, из которых 20 млн га не востребованы. Это как раз то количество, которое вся Европа вряд ли может выделить для посевов тех культур, из которых можно производить биотопливо.

По мнению С. В. Чемезова, уже пора переходить к биотопливу второго поколения — биобутанолу, который не выводит из оборота пахотные земли, а из эксплуатации — сельхозугодья. Российскими учеными разработана новейшая технология производства такого биотоплива из непищевых, в том числе целлюлозосодержащих источников сырья. При данной технологии полностью утилизируются отходы лесопереработки.

Развитие биотопливной отрасли, считает заместитель председателя Союза машиностроителей России В. Гутенев, поможет созданию в условиях кризиса новых рабочих мест, переобучению высвобождающихся работников для введения в эксплуатацию новых предприятий по производству биобутанола. Основным тормозом развития биотопливной отрасли является отсутствие государственной программы по широкому использованию биотоплива. Сегодня доля возобновляемых источников энергии в России не превышает 1 %.

Отставание в этой сфере, как считает генеральный директор ОАО "Корпорация биотехнологии" П. Каныгин, связано с недостаточным финансированием научно-практических разработок в области биотехнологии и, самое главное, с отсутствием целенаправленной государственной поддержки.



Сейчас в стране накоплено 3 млрд т отходов лесной промышленности и непищевых отходов сельского хозяйства. Это количество по своей энергетической ценности сопоставимо с разведанными на сегодня запасами углеводородного сырья. Но эти огромные ресурсы практически не используются.

По мнению большинства российских ученых, производство биоэтанола из пищевого сырья мало перспективно, поскольку биоэтанол — спирт, а это для России, помимо всего прочего, таит в себе опасность, о которой стараются не говорить. Поэтому биотопливо второго поколения, получаемое из непищевых отходов, должно быть приоритетным для развития именно в России. Биобутанол уже широко применяется в лакокрасочной промышленности, производстве синтетической резины и шелка, при экстрагировании фармацевтических препаратов. На рынке химических реактивов и веществ биобутанол имеет постоянный и высокий спрос.

Второй вид биотоплива, который также активно можно развивать в России, это так называемые твердые топливные pellets (гранулы), с помощью которых можно обеспечить работу котельных в небольших населенных пунктах. В Швеции к началу 2000 гг. работало уже около 30 крупных заводов совокупной мощностью более 670 тыс т pellets в год. На настоящий момент объем потребления в Швеции pellets составляет 1,2 млн т в год.

Констатируя, что производство биотоплива пока не составляет заметной конкуренции отечественному энергоэкспорту, участники совещания, тем не менее, предлагали "плотно мониторить" эту ситуацию на мировых рынках энергетики, чтобы не повторить печальный опыт со сжиженным природным газом, который у нас не торопились про-

изводить, а он уже занял 20 % газового рынка Евросоюза и теснит наш трубопроводный газ. Было высказано также мнение, что биотопливо не сможет быть единственным источником энергии будущего. Источниками энергии в будущем скорее всего станут водород и атомная энергия.

На совещании было сделано немало интересных предложений. В частности: о снижении акцизов на моторные топлива, в состав которых входят добавки, полученные из возобновляемого сырья; о внесении поправок в Лесной кодекс об установлении норм по обязательной утилизации отходов при лесозаготовке и деревопереработке; об использовании так называемых фрезерных слоев торфа, которого "у нас выше крыши". Предложено также принять государственную программу развития биотехнологии с 2010 г.

По оценкам экспертов, реализация предложенных на совещании мер позволит уже к 2020 г. построить в России порядка 30 биотехнологических предприятий с 120 тысячами новых рабочих мест, что даст около 30 млрд руб. дополнительного дохода в бюджет страны. Чтобы выполнить эти планы, определенным стимулом для России может служить заявление Международного энергетического агентства о том, что к 2030 г. потребность в энергии в мире вырастет на 60 %.

И. С. Пронин, д-р физ.-мат. наук,
член Научного совета подкомитета
по устойчивому развитию
Комитета по науке и наукоемким
технологиям Госдумы ФС РФ.
e-mail: igorpronin@mail.ru

Учредитель ООО «Издательство "Новые технологии"»

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

ООО "Издательство "Новые технологии". 107076, Москва, Стромьинский пер., 4
Телефон редакции журнала (499) 269-5397, тел./факс (499) 269-5510, e-mail: bjd@novtex.ru, http://novtex.ru/bjd

Дизайнер *Т. Н. Погорелова*.

Технический редактор *Е. В. Конова*. Корректор *Г. Д. Назарьева*.

Сдано в набор 12.05.09. Подписано в печать 22.06.09. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 6,86. Уч.-изд. л. 8,07. Заказ 550.

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.