



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

Редакционный совет:

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

Главный редактор

РУСАК О. Н., д.т.н., проф.

Зам. главного редактора

ПОЧТАРЕВА А. В.

Редакционная коллегия:

БЕЛИНСКИЙ С. О., к.т.н., доц.
 ВАСИЛЬЕВ А. В., д.т.н., проф.
 ИВАНОВ Н. И., д.т.н., проф.
 КАЧУРИН Н. М., д.т.н., проф.
 КОСОРУКОВ О. А., д.т.н., проф.
 КРАСНОГОРСКАЯ Н. Н., д.т.н.,
 проф.
 КСЕНОФОНТОВ Б. С., д.т.н.,
 проф.
 КУКУШКИН Ю. А., д.т.н., проф.
 ЛУЦЦИ С., проф. (Италия)
 МАЛАЯН К. Р., к.т.н., проф.
 МАРТЫНЮК В. Ф., д.т.н., проф.
 МАТЮШИН А. В., д.т.н.
 МИНЬКО В. М., д.т.н., проф.
 МИРМОВИЧ Э. Г., к.ф.-м.н., доц.
 ПАЛЯ Я. А., д.с.-х.н., проф.
 (Польша)
 ПЕТРОВ С. В., к.ю.н., с.н.с.
 СИМАНКИН А. Ф., к.т.н., доц.
 ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.
 ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.
 ФРИДЛАНД С. В., д.х.н., проф.
 ЦЗЯН МИНЦЮНЬ, д.т.н.,
 проф. (Китай)
 ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

10(190)
2016

СОДЕРЖАНИЕ

ОХРАНА ТРУДА

Минько В. М., Евдокимова Н. А. О проблемах объективной оценки биологического фактора при исследованиях условий труда 3

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Голобоков С. А., Мокеева О. Л. Проблемы обеспечения радиационной безопасности в морях Дальневосточного региона 9
 Воропанова Л. А., Гагиева З. А. Очистка сточных вод кожевенных, травильных и гальванических производств от ионов хрома сорбцией смесью анионита марки АМ-2Б и катионита марки КУ-2 15

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ

Мельников А. В., Распопов А. А., Фридланд Я. М. О методических подходах к анализу риска каскадных аварий на объектах нефтегазового комплекса 19
 Минкин В. А. Сравнительное психофизиологическое тестирование с предъявлением аудио- и видеoinформации 25

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Халилов Г. А., Алмамедли М. Г. Применение морфометрического метода при экогео-морфологической оценке рельефа Талышской горной системы 34
 Алборов И. Д., Тедеева Ф. Г., Гриднев Е. А. Проблемы водоснабжения населения в техногенной зоне и пути их решения 38
 Пенджиев А. М. "Зеленая" индустриализация: технология переработки твердых бытовых отходов 45

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ВОПРОСЫ

О межгосударственном стандарте ГОСТ 12.1.003-2014 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности" 57

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



LIFE SAFETY

BEZOPASNOST' ŽIZNEDATEL'NOSTI

The journal published since
January 2001

Editorial board

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

Editor-in-chief

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

Deputy editor-in-chief

POCHTAREVA A. V.

Editorial staff

BELINSKIY S. O.,
Cand. Sci. (Tech.)
VASILYEV A. V., Dr. Sci. (Tech.)
IVANOV N. I., Dr. Sci. (Tech.)
KACHURIN N. M., Dr. Sci. (Tech.)
KOSORUKOV O. A., Dr. Sci. (Tech.)
KRASNOGORSKAYA N. N.,
Dr. Sci. (Tech.)
KSENOFONTOV B. S.,
Dr. Sci. (Tech.)
KUKUSHKIN Yu. A.,
Dr. Sci. (Tech.)
LUZZI S. (Italy), Prof.
MALAYAN K. R., Cand. Sci. (Tech.)
MARTYNYUK V. Ph.,
Dr. Sci. (Tech.)
MATYUSHIN A. V., Dr. Sci. (Tech.)
MINKO V. M., Dr. Sci. (Tech.)
MIRMOVICH E. G.,
Cand. Sci. (Phys.-Math.)
PALJA Ja. A. (Poland),
Dr. Sci. (Agri.-Cult.)
PETROV S. V., Cand. Sci. (Jurid.)
SIMANKIN A. F., Cand. Sci. (Tech.)
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)
FRIDLAND S. V., Dr. Sci. (Chem.)
JIANG MINGJUN (China), Prof.
SHVARTSBURG L. E.,
Dr. Sci. (Tech.)

10(190)
2016

CONTENTS

LABOUR PROTECTION

Minko V. M., Yevdokimova N. A. On the Problems of an Objective Assessment of the Biological Factor in Studies of Working Conditions 3

ENVIRONMENT PROTECTION

Golobokov S. A., Mokeeva O. L. Problems of Providing Radiation Hazard in the Far Eastern Seas 9
Voropanova L. A., Gagieva Z. A. Wastewater Treatment of Leather, Pickling and Electroplating Industries from Ion Chromium by Sorption Mixtures of Anion Brand AM-2B and Cation Brand KU-2 15

SITUATION OF EMERGENCY

Melnikov A. V., Raspopov A. A., Fridlyand Ja. M. Methodical Approaches to Risk Analysis of Domino Accidents on Oil and Gas Facilities 19
Minkin V. A. Comparative Psychophysiological Testing with Presentation of Audio- and Videoinformation 25

REGIONAL PROBLEMS OF SAFETY

Khalilov H. A., Almammadli M. G. Using of Morphometrical Methods During Ecogeomorphological Estimation of Relief of Talysh Mountain System 34
Alborov I. D., Tedeeva F. G., Gridnev E. A. Problems of Water Supply of the Population in a Technogenic Zone and a Way of their Decision 38
Penjiyev A. M. "Green" Industrialization: Technology Processing of Firmly Household Waste . . . 45

STANDARDIZATION AND NORMATIVE LEGAL QUESTIONS

About Interstate Standard GOST 12.1.003—2014 "Occupational Safety Standards System. Noise. General Safety Requirements" 57

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

УДК 658.382.3

В. М. Минько, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, e-mail: mcotminko@mail.ru,
Н. А. Евдокимова, канд. техн. наук, доц. кафедры, Калининградский
государственный технический университет

О проблемах объективной оценки биологического фактора при исследованиях условий труда

Приведены результаты анализа различных подходов к оценке биологического фактора при определении состояния условий труда. Исследованы все методики, начиная с гигиенической классификации труда 1986 г. и донныне действующей методики проведения специальной оценки условий труда 2014 г. Показано, что оценка биологического фактора представляет достаточно сложную задачу. Отказ от учета этого фактора на рабочих местах в кожевенной и мясной промышленности, в сфере жилищно-коммунального хозяйства при проведении специальной оценки условий труда ведет к утрате соответствующими работниками дополнительных гарантий, важных для охраны здоровья.

Ключевые слова: биологический фактор, оценка, анализ известных методик, проблемы

Биологические факторы рабочей среды представляют собой микроорганизмы-продуценты, живые клетки и споры, содержащиеся в бактериальных препаратах, патогенные микроорганизмы — возбудители инфекционных заболеваний. Присутствие биологического фактора на производстве характерно для целого ряда отраслей хозяйственной деятельности: сельское хозяйство; пищевая промышленность; фармацевтическая промышленность; медицина; ветеринария; жилищно-коммунальное хозяйство; переработка и утилизация отходов.

Гигиеническая особенность сельскохозяйственного труда состоит в потенциальной возможности возникновения болезней, передающихся от животных человеку.

В сфере жилищно-коммунального хозяйства высокая бактериальная зараженность сточных вод и образующихся осадков создают непосредственную эпидемиологическую опасность для работников. Открытый технологический процесс, непосредственный контакт персонала с загрязненной водой и осадками усугубляют эту опасность. Кроме того, в результате формирования аэрозоля сточных вод может загрязняться воздух вокруг аэротенков и отстойников. Биологический фактор присутствует при работах по обслуживанию и эксплуатации канализационных приборов, коммуникаций и сооружений, а также при уборке санузлов.

На мусороперерабатывающих заводах воздух рабочей зоны, технологическое оборудование и ограждающие поверхности в высокой степени

загрязнены плесневыми грибами, спорообразующими бациллами, бактериями группы кишечной палочки.

При производстве лекарственных препаратов на основе биологического синтеза работники могут подвергаться на начальных этапах производственного процесса (выращивание продуцента, ферментация) воздействию аэрозоля клеток продуцента, продуктов метаболической деятельности микроорганизмов. На этапах собственно получения и выделения антибиотика, а также на заключительных этапах (сушка, фасовка и упаковка) работающие могут подвергаться воздействию пыли антибиотиков.

Биологический фактор характерен для медицинских учреждений при непосредственном обслуживании больных; санитарно-гигиенических и противоэпидемических обследованиях; проведении профилактических мероприятий; дезинфекции и дератизации в эпидемиологических очагах; отборе, упаковке, исследовании, утилизации, транспортировке проб биоматериалов (кровь, моча, гной, секреты, экскременты) инфицированных или разложившихся тканей и биоматериалов.

Порядок и методика оценки биологического фактора условий труда при проведении специальной оценки условий труда (СОУТ) определяются Федеральным законом № 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда" [1] и приказом Минтруда России от 24.01.2014 г. № 33н (в редакции приказа Минтруда России от 20.01.2015 г. № 24н) "Об утверждении Методики проведения специальной



оценки условий труда (далее Методика), Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению" [2].

В сложившейся практике проведения СОУТ биологическому фактору уделяется недостаточное внимание по сравнению с его оценкой при проведении аттестации рабочих мест по условиям труда (АРМ), предшествовавшей СОУТ. Недооценка его влияния на условия труда работников характерна для значительного числа профессиональных групп и отдельных профессий.

История АРМ начинается в 80-е годы прошлого столетия. Степень вредности факторов производственной среды и тяжести работ в эти годы устанавливалась на основании "Гигиенической классификации труда" [3]. Согласно этому нормативному документу биологический фактор включал микроорганизмы (включая патогенные микроорганизмы), белковые препараты, естественные компоненты организма (аминокислоты, витамины и др.). Классы условий труда при действии биологического фактора на организм работника устанавливались в зависимости от превышения фактической концентрации перечисленных объектов оценки в воздухе рабочей зоны над их предельно допустимой концентрацией (ПДК) — табл. 1.

Понятно, что оценить воздействие биологического фактора таким образом сложно. Хотя вредность или опасность условий труда работников ряда предприятий кожевенной и мясной промышленности, жилищно-коммунального хозяйства, работников здравоохранения и сельского хозяйства, медицинской промышленности определяется наличием именно биологического фактора. Видимо по этим причинам такие

дополнительные гарантии и компенсации за работу во вредных условиях труда как дополнительный отпуск и/или сокращенный рабочий день назначались в соответствии со "Списком производств, цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право на дополнительный отпуск и сокращенный рабочий день" (далее Список) [4].

В 1994 г. вводятся в действие "Гигиенические критерии оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Руководство. Р 2.2.013—94" [5]. По этому документу биологический фактор включал патогенные микроорганизмы (особо опасные инфекции, возбудители других инфекционных заболеваний), микроорганизмы — продуценты, препараты, содержащие живые клетки и споры микроорганизмов, белковые препараты.

Работа в специализированных медицинских, ветеринарных учреждениях и подразделениях, специализированных хозяйствах для больных животных давала право отнесения условий труда без проведения измерений к классу 4 при возможности контакта с особо опасными инфекциями, к классу 3.4 — с возбудителями других инфекционных заболеваний.

В остальных случаях классы условий труда при действии биологического фактора на организм работника устанавливались в зависимости от превышения фактической концентрации перечисленных объектов оценки в воздухе рабочей зоны над их ПДК (табл. 2), что, как уже отмечалось, является достаточно сложным. Поэтому работникам мясной, кожевенной промышленности, жилищно-коммунального хозяйства, сельского хозяйства, здравоохранения, производства лекарственных препаратов, имеющим контакт

Таблица 1

Классификация условий и характера труда по степени вредности и опасности тяжести и напряженности по гигиенической классификации, утвержденной Минздравом СССР 12.08.1986 г.

№ пп	Факторы	Классы условий и характера труда				
		Оптимальные	Допустимые	Вредные		
				1 степень	2 степень	3 степень
Превышение ПДК						
10	Биологические факторы Микроорганизмы*: 1 класс опасности 2 класс опасности 3-4 классы опасности	— — —	≤ ПДК ≤ ПДК ≤ ПДК	До 2 раз До 3 раз До 5 раз	2,1...4 3,1...6 6,1...10	>4 >6 >10
* Включая патогенные микроорганизмы.						

Классы условий труда при работе с биологическим фактором согласно Руководству Р 2.2.013—94

Наименование	Класс условий труда					
	Допустимый 2	Вредный 3				Опасный (экстремальный) — 4
		1 степени 3.1	2 степени 3.2	3 степени 3.3	4 степени 3.4	
Микроорганизмы-продуценты, препараты, содержащие живые клетки и споры микроорганизмов (превышение ПДК, раз)	≤ПДК	1,1...3	3,1...10	> 10	—	—
Белковые препараты (превышение ПДК, раз)	≤ПДК	—	1,1...2	2,1...10	> 10	—

с биологическим фактором, уже по самому этому факту, в соответствии со Списком предоставлялись дополнительный отпуск и/или сокращенный рабочий день, т. е. как мера охраны труда использовалась защита временем.

На смену Р 2.2.013—94 в 1999 г. вступает в силу Руководство Р 2.2.755—99 "Гигиенические критерии оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса" [6]. В этом Руководстве биологический фактор представлял собой патогенные микроорганизмы (особо опасные инфекции, возбудители других инфекционных заболеваний), микроорганизмы — продуценты, препараты, содержащие живые клетки и споры микроорганизмов. Согласно Руководству Р 2.2.755-99 работа в специализированных медицинских, ветеринарных учреждениях и подразделениях, специализированных хозяйствах для больных животных давала право отнесения условий труда без проведения измерений к классу 4 при возможности контакта с особо опасными инфекциями, к классу 3.3 — с возбудителями других инфекционных заболеваний.

В остальных случаях классы условий труда при действии биологического фактора на организм работника устанавливались в зависимости от превышения фактической концентрации

перечисленных объектов оценки в воздухе рабочей зоны над их ПДК (табл. 3).

В отличие от Р 2.2.013—94 в Р 2.2.755—99 появились виды работ, при которых возможен контакт с патогенными микроорганизмами на предприятиях кожевенной и мясной промышленности, при ремонте и обслуживании канализационных систем. Условия труда на таких рабочих местах относили к классу 3.2 без проведения измерений. Работникам, занятым в названных отраслях, а также в других отраслях, где возможен контакт с биологическим фактором, в соответствии со Списком предоставлялись дополнительный отпуск и/или сокращенный рабочий день.

Последним документом, определяющим методику оценки факторов производственной среды при проведении АРМ, являлось Руководство Р 2.2.2006—05 "Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда" [7]. Согласно Р 2.2.2006—05 классы условий труда при действии биологического фактора на организм работника устанавливались в зависимости от превышения фактической концентрации микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в воздухе рабочей зоны над их ПДК (табл. 4). Условия труда отдельных категорий работников относили (без проведения измерений) к определенному классу.

Таблица 3

Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны вредных веществ биологической природы (превышение ПДК, раз) согласно Руководству Р 2.2.755—99

Наименование	Класс условий труда					
	Допустимый 2	Вредный 3				Опасный 4
		3.1	3.2	3.3	3.4	
Микроорганизмы-продуценты, препараты, содержащие живые клетки и споры микроорганизмов	≤ПДК	1,1...3,0	3,1...10,0	>10	—	—



Таблица 4

Классы условий труда в зависимости от содержания в воздухе рабочей зоны биологического фактора (превышение ПДК, раз) согласно Руководству Р 2.2.2006—05

Биологический фактор	Класс условий труда					
	Допустимый 2	Вредный 3				Опасный 4
		3.1	3.2	3.3	3.4	
Микроорганизмы-продуценты, препараты, содержащие живые клетки и споры микроорганизмов	≤ПДК	1,1...10,0	10,1...100,0	>100	—	—

Условия труда работников специализированных медицинских (инфекционных, туберкулезных и т. п.), ветеринарных учреждений и подразделений, специализированных хозяйств для больных животных относили:

— к 4 классу опасных (экстремальных) условий, если работники проводят работы с возбудителями (или имеют контакт с больными) особо опасных инфекционных заболеваний;

— к классу 3.3 — условия труда работников, имеющих контакт с возбудителями других инфекционных заболеваний, а также работников патоморфологических отделений, прозекторских, моргов;

— к классу 3.2 — условия труда работников предприятий кожевенной и мясной промышленности; работников, занятых ремонтом и обслуживанием канализационных сетей.

Таким образом, при воздействии на работника биологического фактора при проведении АРМ устанавливался вредный (и даже опасный) класс условий труда, если этот класс определялся без проведения исследований и измерений. В соответствии с приказом Минздравсоцразвития РФ от 16.02.2009 г. № 45н [8] работникам в дни фактической занятости на работах с вредными условиями труда, обусловленными наличием на рабочем месте вредных производственных факторов (в том числе биологического фактора), производится бесплатная выдача молока или других равноценных пищевых продуктов. Аналогичные документы, определяющие порядок и условия выдачи молока или других равноценных пищевых продуктов, существовали и ранее: постановление Госкомтруда СССР, Президиума ВЦСПС от 16.12.1987 г. № 731/П-13, постановление Минтруда РФ от 31.03.2003 г. № 13. Сохранился списочный подход к назначению таких гарантий и компенсаций за работу во вредных условиях труда как дополнительный отпуск и сокращенный рабочий день.

Содержание табл. 1—4 существенно различается. В табл. 1 степени вредности определяются с учетом класса опасности микроорганизмов. В то же время в табл. 2—4 такая дифференциация

отсутствует. Весьма показательное сравнение табл. 3 и 4, взятых соответственно из Руководств Р 2.2.013—99 и Р 2.2.2006—05. По табл. 3 класс вредности 3.2 присваивается, если превышение ПДК составляет 3,1...10,0, а согласно табл. 4 тот же класс вредности устанавливается при превышении ПДК от 10,1 до 100,0, что в 10 раз больше.

При оценке биологического фактора для целей СОУТ, согласно приложению 2 к приказу Минтруда России от 24.01.2014 г. № 33н, названный фактор производственной среды идентифицируется, а значит и оценивается как вредный и (или) опасный только на рабочих местах:

— организаций, осуществляющих деятельность в области использования возбудителей инфекционных заболеваний человека и животных и (или) в замкнутых системах генно-инженерно-модифицированных организмов III и IV степеней потенциальной опасности при наличии соответствующих разрешительных документов (лицензии) на право осуществления такой деятельности;

— организаций, осуществляющих деятельность в области использования в замкнутых системах генно-инженерно-модифицированных организмов II степени потенциальной опасности;

— медицинских и иных работников, непосредственно осуществляющих медицинскую деятельность;

— работников, непосредственно осуществляющих ветеринарную деятельность, государственный ветеринарный надзор и (или) проводящих ветеринарно-санитарную экспертизу.

При проведении СОУТ согласно Методике отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда при воздействии биологического фактора (работы с микроорганизмами-продуцентами, живыми клетками и спорами, содержащимися в бактериальных препаратах) осуществляется в зависимости от превышения значений фактической концентрации микроорганизмов-продуцентов, бактериальных препаратов и их компонентов в воздухе рабочей зоны над значениями ПДК.

Отнесение условий труда к классу (подклассу) условий труда при работах с патогенными

микроорганизмами осуществляется независимо от концентрации патогенных микроорганизмов и без проведения исследований (испытаний) и измерений.

Если класс (подкласс) условий труда устанавливается без проведения исследований (испытаний) и измерений, то условия труда на таком рабочем месте могут быть отнесены к вредному и даже опасному классу (см. выше). На основании приказа Минздравсоцразвития РФ от 16.02.2009 г. № 45н работнику должна производиться бесплатная выдача молока, а порядок и условия предоставления дополнительного отпуска и сокращенного рабочего дня по результатам СОУТ устанавливаются в порядке, предусмотренном статьями 92 и 117 Трудового кодекса Российской Федерации [9] (далее ТК РФ). Согласно ст. 117 ТК РФ ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск предоставляется работникам, условия труда на рабочих местах которых по результатам СОУТ отнесены к вредным условиям труда 2, 3 или 4 степени либо опасным условиям труда. Согласно ст. 92 ТК РФ сокращенная продолжительность рабочего времени устанавливается для работников, условия труда на рабочих местах которых по результатам СОУТ отнесены к вредным условиям труда 3 или 4 степени или опасным условиям труда.

Из сопоставления методик оценки биологического фактора при проведении АРМ и СОУТ видно, что на рабочих местах работников предприятий кожевенной и мясной промышленности, работников, занятых ремонтом и обслуживанием канализационных сетей и ряда других отраслей, биологический фактор не будет идентифицирован как вредный и опасный производственный фактор (ВОПФ), а значит, подвергнут оценке. Следовательно, чтобы работнику были сохранены указанные гарантии и компенсации, необходимо идентифицировать как ВОПФ химический фактор и получить по нему вредный класс условий труда. Это обеспечит предоставление бесплатной выдачи молока. А чтобы назначить дополнительный отпуск и/или сокращенный рабочий день, необходимо получить соответствующие классы условий труда также по химическому фактору или другим идентифицированным факторам производственной среды. В противном случае указанные гарантии и компенсации работникам, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, установлены не будут.

Важно отметить, что Методика проведения СОУТ вступает в противоречие с приказом Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 г. № 302н [10]. Данный приказ определяет биологический фактор ("инфицированный материал и

материал, зараженный или подозрительный на заражение микроорганизмами") как ВОПФ, что имеет место на рабочих местах работников предприятий кожевенной и мясной промышленности, работников, занятых ремонтом и обслуживанием канализационных сетей, и других отраслей. Отсутствие учета биологического фактора на рабочих местах в указанных отраслях ведет к тому, что работники не будут проходить обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические медицинские осмотры (обследования), обеспечивающие выявление всевозможных отклонений в состоянии здоровья на самых ранних стадиях их развития.

Выводы

Из изложенного следует, что объективная оценка биологического фактора, как одного из важных факторов условий труда, представляет достаточно проблемную задачу. И именно поэтому отдельные дополнительные гарантии и компенсации работникам, контактирующим с таким фактором, определялись списочным образом (соответствующий Список был утвержден 25.10.1974 г.). Отказ от такого подхода приведет в конечном итоге к утрате целым рядом работников права на эти дополнительные гарантии и компенсации, связанные в том числе и с охраной здоровья.

Список литературы

1. **Федеральный закон** № 426-ФЗ от 28 декабря 2013 г. "О специальной оценке условий труда".
2. **Методика** проведения специальной оценки условий труда (приказ Минтруда России от 24.01.2014 г. № 33н).
3. **Гигиеническая классификация** труда (утв. Минздравом СССР 12.08.1986 г. № 4137—86).
4. **Список** производств, цехов, профессий и должностей с вредными условиями труда, работа в которых дает право на дополнительный отпуск и сокращенный рабочий день (утв. постановлением Госкомтруда СССР, Президиума ВЦСПС от 25.10.1974 г. № 298/П-22, ред. от 29.05.1991 г.).
5. **Гигиенические критерии** оценки условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Руководство. Р 2.2.013—94 (утв. Госкомсанэпиднадзором РФ 12.07.1994 г.).
6. **Гигиенические критерии** оценки и классификация условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса. Руководство. Р 2.2.755—99 (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 23.04.1999 г.).
7. **Руководство** Р 2.2.2006—05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29.07.2005 г.).



8. **Нормы** и условия бесплатной выдачи работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, молока или других равноценных пищевых продуктов, порядок осуществления компенсационной выплаты в размере, эквивалентном стоимости молока или других равноценных пищевых продуктов, и перечня вредных производственных факторов, при воздействии которых в профилактических целях рекомендуется употребление молока или других равноценных пищевых продуктов (утв. приказом Минздравсоцразвития РФ от 16.02.2009 г. № 45н).
9. **Федеральный закон** № 197-ФЗ от 30 декабря 2001 г. "Трудовой кодекс Российской Федерации" (принят Государственной Думой 21 декабря 2001 г. с последующими изменениями).
10. **Перечни** вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядок проведения предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда (утв. приказом Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 г. № 302н).

V. M. Minko, Professor, Head of Chair, e-mail: mcotminko@mail.ru,
N. A. Yevdokimova, Associate Professor, Kaliningrad State Technical University,
Kaliningrad

On the Problems of an Objective Assessment of the Biological Factor in Studies of Working Conditions

Results of the analysis of different approaches to the evaluation of the biological factor in the assessment of working conditions. We explore all methods starting with hygienic occupational classification of 1986 and to the existing methods of the special assessment of labor conditions in 2014. It is shown that the evaluation of the biological factor is a rather complicated task. Failure to account for this factor at work in the leather and meat industry, in the sphere of housing and communal services during a specific assessment of working conditions leads to the loss of the workers concerned supplementary guarantees that are important for health.

Keywords: biological factor, evaluation, analysis of existing methods, problems

References

1. **Federal Law** No. 426-FZ of December 28, 2013 "About special assessment of working conditions."
2. **The methodology** of the evaluation of the special working conditions (order of the Ministry of Labour of Russia dated 01.24.2014, No. 33n).
3. **Hygienic working** classification (app. USSR Ministry of Health 12.08.1986, under No. 4137-86).
4. **The list** of productions, workshops, professions and jobs with hazardous working conditions, work in which entitles to additional leave and shorter working hours (approved. Resolution of the State Committee of the USSR, the Presidium of the All from 10.25.1974, No. 298/I-22, red. from 29.05.1991 city).
5. **Hygienic criteria** for assessing working conditions in terms of hazards and risks in the industrial environment, the severity and intensity of the work process. Guide. P 2.2.013—94 (app. By the State Committee of the Russian Federation of 12.07.1994).
6. **Hygienic criteria** for evaluation and classification of working conditions in terms of hazards and risks in the industrial environment, the severity and intensity of the work process. Guide. P 2.2.755—99 (app. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of 23.04.1999).
7. **Manual** P 2.2.2006—05 Occupational Health. Guidance on the hygienic assessment of factors of working environment and labor process. The criteria and classification of working conditions (app. Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of 29.07.2005).
8. **The rules** and conditions of free issue of workers employed in jobs with hazardous working conditions, milk or other equivalent food products, a procedure of compensation payment in the amount equivalent to the cost of milk or other equivalent food products, and the list of occupational hazards, under the influence of which in a preventive measure it is recommended the use of milk or other equivalent food products (approved. by order of the Health Ministry of the Russian Federation from 16.02.2009 No. 45H).
9. **The Federal Law** No. 197-FZ of December 30, 2001 "The Labour Code of the Russian Federation" (adopted by the State Duma on 21 December 2001 with subsequent amendments).
10. **Lists** of harmful and (or) hazardous production factors and works, under which preliminary and periodic medical examinations (surveys), and the procedure for conducting preliminary and periodic medical examinations (surveys) workers engaged in heavy work or work in harmful and (or) dangerous working conditions (app. the order of the Health Ministry of Russia from 12.04.2011, No. 302n).

УДК.614.876

С. А. Голобоков, канд. техн. наук, проф. кафедры, e-mail: golobokov_san@bk.ru,
О. Л. Мокеева, канд. техн. наук, проф. кафедры, преп., Тихоокеанское высшее
военно-морское училище им. С. О. Макарова, Владивосток

Проблемы обеспечения радиационной безопасности в морях Дальневосточного Региона

В статье представлены официальные данные о радиоактивных отходах, затопленных Советским Союзом и Российской Федерацией, что в отличие от "Белой книги 1993 года" объективно характеризует реальную и прогнозируемую радиационную и экологическую ситуацию, обусловленную этими операциями.

Ключевые слова: Тихий океан, Военно-морской флот, атомные подводные лодки, ядерные испытания, сброс радиоактивных отходов

Для России 50-е гг. прошлого века это не только период интенсивных атмосферных ядерных испытаний. Это время активного строительства атомных подводных лодок (АПЛ) и сброса радиоактивных отходов (РАО) в моря и океаны.

Всего с 1958 г. по 2015 г. в нашей стране было построено более 250 АПЛ. Первый пуск ядерного реактора АПЛ на Тихоокеанском флоте произведен в 1960 г [1].

Эксплуатация и техническое обеспечение корабельных ядерных энергетических установок (ЯЭУ) сопровождаются образованием жидких (ЖРО), твердых (ТРО) и газообразных отходов сложного радионуклидного и физико-химического состава. РАО образуются при повседневной эксплуатации и ремонте АПЛ, перезарядке активных зон реакторов, переснаряжении фильтров активности, а также при ликвидации последствий радиационных аварий и инцидентов. Значительная их часть связана с отходами, возникающими при утилизации АПЛ.

С целью предотвращения выхода радионуклидов из мест их образования, накопления в отсеках АПЛ и выброса в окружающую среду задействована система многобарьерной защиты. Наиболее опасный компонент ядерного реактора — тепловыделяющий элемент (ТВЭЛ) — имеет два барьера в виде коррозионно- и радиационно-стойкой оболочки и матрицы топливной композиции. Последняя удерживает радионуклиды благодаря пропитке специальным сплавом, и в случае разгерметизации оболочек ТВЭЛов препятствует поступлению радионуклидов в теплоноситель. Третьим барьером является герметичный первый контур, включающий корпус

ядерного реактора, конструкции первого контура и трубопроводы.

Особую остроту проблема утилизации и хранения жидких и твердых радиоактивных отходов приобрела в середине 60-х гг. прошлого столетия.

Емкость временных хранилищ ТРО в отечественном военно-морском флоте (ВМФ) оказалась недостаточной, а создание всеобъемлющей системы долговременных хранилищ и необходимой инфраструктуры обращения с РАО в те годы еще только планировали. Чтобы избежать нежелательных экологических последствий длительного наземного хранения РАО в неудовлетворительных условиях, в качестве вынужденной временной меры была предпринята практика удаления РАО в моря.

В 1966 г. были разработаны и введены в действие "Временные санитарные требования к захоронению в море радиоактивных отходов" (ВСТЗ-66), утвержденные ВМФ и Минздравом СССР. Этот документ содержал детальные требования по отчетности и методические указания по проведению радиационно-гигиенического контроля в районах слива и захоронения РАО, в целом соответствующие общепринятым стандартам. Они запрещали удаление в моря органических масел и других нефтепродуктов, загрязненных радиоактивными веществами, а также захоронение отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС), стержней системы управления и защиты (СУЗ), смол ионообменных фильтров корабельных ЯЭУ. Вместе с тем, документ разрешал производить сбросы эксплуатационных ЖРО непосредственно с атомных подводных лодок за пределами 10-мильной зоны, а также захоронение крупногабаритных



ТРО с активностью не более 100 Ки (3,7 ТБк) без упаковочной тары на глубинах более 300 м в непромысловых районах, где разрешалось также затоплять не подлежащие дальнейшему использованию плавсредства с размещенными в них металлическими отходами в контейнерах и без них [2]. Таким образом, в нашей стране основная доля затоплений РАО осуществлялась в соответствии с ВСТЗ-66. Нормативы и требования этого документа базировались на знаниях о поведении радионуклидов в морской среде и накопленном опыте захоронений РАО, полученном к середине 1960-х гг.

В истории захоронения РАО в морях можно выделить *три этапа*. Они различаются по уровню научных знаний относительно последствий затопления РАО в морях, по степени нормативно-правового обеспечения этого вида деятельности, а также по отношению населения и специалистов в области радиационной безопасности к такому способу удаления РАО [3].

Первый этап длился с середины 1940-х до конца 1950-х гг. Тогда захоронения РАО проводили без каких-либо специальных норм и правил, ограничивающих радиационное воздействие на морскую среду и биологические ресурсы морей. Поэтому защитные меры сводились главным образом к обеспечению радиационной безопасности персонала, занятого выполнением этих операций. Практика затопления радиоактивных отходов в Мировом океане была общепринятой для стран, развивающих мирное и военное использование ядерной энергии.

К практике захоронения радиоактивных отходов прибегли такие государства как Великобритания (в Северной Атлантике с 1949 г.), Новая Зеландия и Япония (вблизи своих берегов в Тихом океане с 1954 г. и с 1955 г.), Бельгия (пролив Ла-Манш, рядом с побережьем Франции с 1960 г.), и многие другие страны. В 1959 г. США впервые затопили в Атлантическом океане корпус ядерного реактора, демонтированного с АПЛ "Сивулф".

С 1957 г. в Арктике (в Баренцевом, Карском морях) и на Дальнем Востоке (в Японском, Охотском морях и в северо-западной части Тихого океана) затопление ТРО и слив ЖРО осуществляли сначала Советский Союз, а позднее и Российская Федерация. Наша страна удаляла в моря только ЖРО и ТРО, образующиеся при эксплуатации ЯЭУ атомных подводных лодок и атомных ледоколов, и только лишь в специально выбранных районах моря без интенсивного судоходства и рыболовного промысла.

Этим операциям предшествовало проведение научно-исследовательских работ по обоснованию допустимой активности, темпов сброса и выбору

приемлемых регионов в арктических и дальневосточных морях. При этом использовались результаты изучения естественных процессов в морских глубинах, в частности, о скорости диффузии радиоактивных веществ в морской воде, о накоплении радионуклидов в донных отложениях и в гидробионтах. На этой основе были теоретически и экспериментально, в том числе с проведением опытных сливов, обоснованы предельно допустимые концентрации (ПДК) долгоживущих радионуклидов в морской воде для сценария радиоактивного равновесия и всевозможных форм радиационного воздействия.

С 1957 г. Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) начинает разрабатывать методологию безопасного удаления радиоактивных отходов в моря. Одновременно на национальном и международном уровнях были предприняты важные шаги по формированию нормативной правовой базы для защиты Мирового океана от негативного антропогенного воздействия.

Второй этап длился примерно с 1960 г. по 1975 г., когда практика удаления РАО в моря получила широкое распространение в большинстве ядерных стран одновременно.

Уже в начале 1960-х гг. стали известны фундаментальные закономерности и факты, характеризующие поведение радионуклидов в морской среде. В 1972 г. была подписана Лондонская конвенция (ЛК-72), регламентирующая затопление отходов, в том числе РАО, и других материалов в морях и предотвращение недопустимого загрязнения Мирового океана такими сбросами. Эта Конвенция вступила в силу только в 1975 г.

Эксперты МАГАТЭ, работавшие по поручению стран — участниц Лондонской конвенции, оценили значение допустимого сброса радиоактивных отходов в море среднего размера величиной, равной 1000 Ки (37 ТБк) в год. Это соответствовало значению, которое специалисты отечественного ВМФ приняли на ранней стадии подготовки к удалению РАО в моря, что свидетельствовало о близости подходов к этой проблеме в разных странах. В нашей стране при нормировании сбросов радионуклидов в море первоначально исходили из требования, чтобы радиус зоны загрязнения воды с концентрацией радиоактивных веществ выше ПДК не превышал 1 км. Значение ПДК принимали равным 0,37 Бк/л, тогда как объемная активность естественно радиоактивного ^{40}K составляет около 10 Бк/л морской воды [4].

В Советском Союзе был установлен крайне жесткий и необоснованный предел суммарной активности сливаемых ЖРО, равный 10 Ки/год. Позже, с учетом проведенных расчетных и натуральных исследований, он был повышен до 1 кКи/год,

а позднее даже до 5 кКи/год [2]. Всего в 1946—1982 гг. (во время действия Лондонской конвенции ДК-72) затопление радиоактивных отходов осуществляли 14 стран в 47 районах Тихого и Атлантического океанов.

Третий этап начался в 1975 г. со времени официального вступления в силу ЛК-72 и продолжался приблизительно до 90-х гг. прошлого столетия. В этот период происходило интенсивное накопление научных знаний о действии ионизирующего излучения на различных уровнях организации живого — от генетических структур до крупных экологических систем, а также о поведении радионуклидов в биосфере и гидросфере. Обширный массив радиобиологических, радиоэкологических и радиационно-эпидемиологических данных, ставших доступными к этому времени, был положен в основу всеобъемлющего пересмотра принципов и методов обеспечения радиационной безопасности, проведенного в конце этого периода. На эти же годы пришлось всеобщее осознание значимости глобальных экологических проблем, создающих угрозу самому существованию человечества.

Отработанное ядерное топливо, ТРО и ЖРО с атомных подводных лодок суда атомного технологического обеспечения (АТО) Тихоокеанского флота (ТОФ) сбрасывали в Японское море и некоторые районы Тихого океана. В Тихом океане, включая Японское море и залив Петра Великого, находились 23 точки захоронения жидких и твердых радиоактивных отходов. Подобная "утилизация" проходила легально, в полном соответствии с действовавшими тогда нормами и международными соглашениями. Считалось, что на большой глубине, где нет течения и физического воздействия на бочки, корпуса барж, опасный груз может находиться в безопасности несколько десятилетий. Но при этом не учитывалось, что с годами течения могут менять направления, а вода со дна поднимается на поверхность.

Основной объем сброса радиоактивных отходов в море выполнялся танкерами специального типа, которые использовались как передвижные станции для сбора ЖРО с базирующихся в районе АПЛ. Все эти танкеры наливного типа (ТНТ) были построены и введены в эксплуатацию в период с 1964 по 1971 гг. На Тихоокеанском флоте в эксплуатации находились два ТНТ класса "Вала" (ТНТ-23 и ТНТ-27) и два — класса "Зея" (ТНТ-5 и МБТН-42). В 1987 г. для сбора жидких радиоактивных отходов и их последующей обработки было построено еще два судна — "Амур" и "Пинегга", предназначенные для переработки ЖРО более высокого уровня радиоактивности, а именно, для снижения этого уровня между 10^{-3} и 10^{-5} Ки/л [5].

Для перезарядки и выгрузки реакторов АПЛ Военно-морским флотом эксплуатировались плавучие мастерские (ПМ). В корпусах плавучих мастерских имелись специальные резервуары для отработанного топлива, жидких радиоактивных отходов и свежего топлива.

За время эксплуатации АПЛ Тихоокеанского флота в Японское море слито 97 % ЖРО и сброшено 56 % ТРО, остальные РАО захоронены в северо-западной части Тихого океана у полуострова Камчатка. Все 10 районов, выделенных для сливов и сбросов РАО, были выбраны на удалении нескольких десятков-сотен километров от береговой черты (рис. 1 — см. 2-ю стр. обложки). Они имели двух-трехкратный запас по допустимым в то время нормам ВМФ. В каждом районе захоронение РАО проводили эпизодически с интервалами 5...12 лет, чем достигалось снижение радиационной нагрузки на морские экосистемы. Ежегодные сбросы не превышали 10...40 % установленных норм для ЖРО и 10...25 % для ТРО. За время эксплуатации АПЛ суда обеспечения 315 раз выходили в Японское море и 141 раз в северо-западную часть Тихого океана для захоронений РАО. Каждый выход сопровождался сбросом 20...40 малых (объемом 1 м^3) металлических контейнеров и/или сливом 200...800 м^3 ЖРО [1]. Контейнеры отправляли в воду по ходу движения корабля с периодичностью 3...5 мин, что с учетом времени их погружения на большую глубину обеспечивало окончательный разброс упаковок РАО друг от друга на 2...3 км.

Из общего количества сброшенных контейнеров 26 % содержали менее 0,004 ТБк (0,1 Ки) радиоактивных веществ, 47 % — от 0,004 до 0,04 ТБк (0,1...1 Ки), 20 % — от 0,04 до 0,37 ТБк (1...10 Ки) и только 7 % — от 0,37 до 3,7 ТБк (10...100 Ки). Последние 7 % представляли собой крупногабаритные изделия и объекты (парогенераторы, корпуса реакторов, суда и др.), захоронение которых проводилось индивидуально. Расстояние между их затоплениями исчисляется десятками километров [6].

При захоронении ЖРО 62 % всех выходов сопровождалось сливом отходов низкой удельной активности (ОНУА) менее $3,7 \cdot 10^5$ Бк/л (10^{-5} Ки/л), а в остальных случаях — средней активности (ОСУА) — от $3,7 \cdot 10^5$ до $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк/л (10^{-5} ...1,0 Ки/л) по действовавшим в то время нормативам ВМФ [7].

Как правило, за один выход в море поступало от 200 до 700 м^3 ОНУА и не более 100 м^3 ОСУА. Отходы высокой удельной активности (более $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк/л) в море не сбрасывали [1].

Жидкие радиоактивные отходы сливали под винты корабля АТО (основной способ) и на

поверхность моря (дополнительный) на протяжении 20...50 км. В результате формировался радиоактивный след (РАС). В зависимости от количества поступавших радиоактивных веществ, ширина РАС не превышала сотен километров, а глубина — единиц десятков метров. В течение нескольких суток РАС наблюдался в виде линейно-протяженной области повышенного содержания техногенных радионуклидов, дрейфующей на поверхности моря.

При сливе в кильватерном следе корабля в результате интенсивного перемешивания морской воды винтами концентрация радионуклидов быстро снижалась более чем на три порядка, а в последующем под воздействием турбулентной диффузии окружающей среды дополнительно на один—два порядка. Образующийся РАС имеет сложную структуру, состоящую из области относительно однородного радиоактивного загрязнения и большого количества малоразмерных аномалий, расположенных на ней случайным образом (рис. 2) [6].

Анализ натуральных данных за 1967—1975 гг. (табл. 1) свидетельствует, что 30...50 % сливов по истечении 2...5 суток сопровождались повышенным содержанием ^{137}Cs и ^{90}Sr в морской воде (в 2—15 раз по сравнению с фоном), но не выше регламентированных уровней). В остальных случаях радиационная обстановка соответствовала естественному состоянию окружающей среды [7].

Отбор проб воды проводился через 2...5 суток после слива ЖРО. При этом погрешность измерений составила 30 %. В придонном слое отмечалась осколочная активность в 1,5—3 раза меньше чем на поверхности.

Таблица 1

Содержание долгоживущих искусственных радионуклидов в поверхностном слое морской воды в районах захоронения РАО в Японском море и северо-западной части Тихого океана, Бк/м³

Море, район, период	^{90}Sr	^{137}Cs
Японское море, район 5: до эксплуатации, 1962 г.	1,0	3,3
эксплуатация:		
1967 г.	7,7	3,4
1968 г.	8,4	51,8
1969 г.	11,5	5,2
1971 г.	4,0	5,5
1973 г.	1,4	0,8
Японское море, район 6: до эксплуатации, 1966 г.	1,2	2,7
эксплуатация:		
1967 г.	4,9	2,9
1968 г.	3,9	15,0
1969 г.	0,5	<0,3
1971 г.	1,8	5,7
1973 г.	1,1	33,6
Северо-западная часть Тихого океана (Камчатка), район 7: до эксплуатации, 1962 г.	0,8	1,2
эксплуатация:		
1967 г.	1,0	3,5
1975 г.	<0,3	0,6
Район 8: до эксплуатации, 1962 г.	0,9	2,2
эксплуатация:		
1967 г.	0,7	1,9
1975 г.	<0,3	0,6

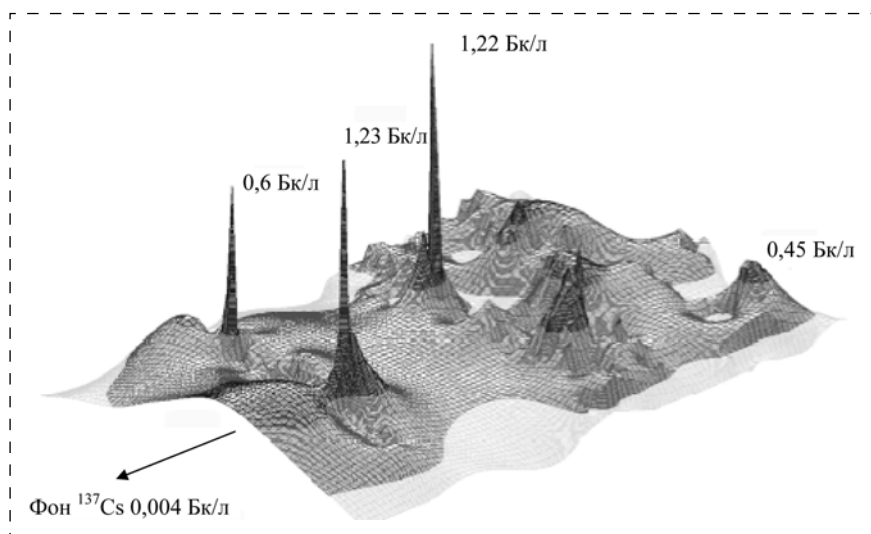


Рис. 2. Объемное изображение поверхностного радиоактивного следа на начальной стадии его формирования (5...20 мин) при сливе ЖРО суммарной активностью 13,8 МБк (0,38 Ки) в Японском море в 1993 г.

При повседневной деятельности по эксплуатации кораблей с ЯЭУ жидкие радиоактивные отходы накапливались в течение нескольких лет, и за это время короткоживущие радионуклиды, как правило, распадаются, остаются только долгоживущие. В целом ЖРО имеют следующий состав: ^{137}Cs — $40 \pm 15 \%$; ^{90}Sr — $30 \pm 15 \%$; ^{134}Cs и ^{60}Co — $5 \pm 3 \%$, ^{144}Ce — $1 \pm 1 \%$. В отдельных случаях наблюдались отклонения от указанного соотношения (табл. 2) [7].

Отечественные и зарубежные специалисты независимо друг от друга пришли к единому мнению, что сброс РАО в допустимых количествах не приводит к загрязнению морской фауны и флоры

Таблица 2

Суммарная удельная активность $A_{уд}$ и содержание радионуклидов в хранилищах ЖРО судов атомного технологического обеспечения перед сливом в море (по данным 1986—1994 гг.)

Носитель	$A_{уд}$, Бк/л	Содержание, %			
		^{137}Cs	^{134}Cs	^{60}Co	^{90}Sr
ТНТ-5	$1,1 \cdot 10^5$	58	9	20	3
ТНТ-11	$5,6 \cdot 10^6$	60	4	5	20
ТНТ-23	$4,8 \cdot 10^6$	77	6	1	1
ТНТ-23	$4,1 \cdot 10^6$	61	19	1	1
ТНТ-23	$5,2 \cdot 10^6$	66	12	5	10
ТНТ-27	$7,4 \cdot 10^5$	65	4	2	15
ТНТ-27	$1,1 \cdot 10^5$	51	3	2	22
ТНТ-27	$2,5 \cdot 10^5$	15	5	2	50
ТНТ-27	$5,6 \cdot 10^4$	40	2	2	35
ПМ-125	$1,1 \cdot 10^3$	20	21	11	35
ПМ-133	$5,6 \cdot 10^6$	40	3	2	33
ПМ-133	$3,7 \cdot 10^5$	34	12	10	10

в концентрациях, превышающих установленные допустимые уровни. Это послужило научным базисом для заключения Лондонской конвенции 1972 г., узаконившей затопление РАО и регламентировавшей такие процедуры.

По этой причине после 1973—1975 гг. регулярные исследования последствий захоронений РАО в Дальневосточном регионе практически прекратились.

Международный интерес к ним возник через 20 лет только после опубликования "Белой книги 1993 года" и очередного планового слива в 1993 г. небольшого количества (0,38 Ки) ЖРО в Японском море, что, естественно, сопровождалось объективным радиационным мониторингом [5]. Специалисты Кореи во время совместной с Дальневосточным научным институтом гидрометеорологических исследований (ДВНИГМИ) экспедиции в 1993 г. провели контрольный отбор проб воды в фоновых районах и районах захоронения РАО. Последующие лабораторные исследования в Корее показали, что концентрация ^{137}Cs в районах захоронения РАО соответствует фону, который находится в пределах $3...5 \text{ Бк/м}^3$ [3].

Наиболее полное представление о радиэкологической обстановке в районах захоронения РАО России, Кореи и Японии было получено в последующих совместных японско-корейско-российских экспедициях 1994—1995 гг., проходивших при участии экспертов МАГАТЭ.

Было установлено, что концентрации ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{239, 240}\text{Pu}$ в поверхностном и глубинных слоях морской воды в районах захоронения РАО, принадлежащих России, Японии и Корее, обусловлены глобальными выпадениями и соответствуют фону. Этот вывод был подтвержден и японско-российскими экспедициями 1997, 1999—2001 гг. [8].

Установлено, что за 30-летний период эксплуатации районов захоронения РАО содержание искусственных радионуклидов в воде не увеличилось. Этот очень важный вывод наглядно подтверждается ходом кривых, приведенных на рис. 3, которые демонстрируют указанное явление параллельно с динамикой аэрозольной активности в приземном слое атмосферы. Видно, что в Дальневосточном регионе интенсивное загрязнение атмосферы радиоактивными веществами имело место только в 1976—1978 и 1981 гг. после ядерных испытаний СССР и Китая, а также аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. [8]. На фоне общего глобального процесса самоочищения атмосферы и гидросферы Земли от продуктов ядерных испытаний последствия захоронений РАО в морях не проявляются.

Результаты исследований, свидетельствуют, что не менее 90 % сливов ЖРО в море, образующихся при эксплуатации АПЛ, относились к кратковременному типу загрязнений, так как концентрации техногенных радионуклидов уже через 12...24 ч не превышали допустимые нормы.

В небольшом числе случаев время существования повышенного содержания радионуклидов соответствовало 2...5 суткам. Общая активность ЖРО практически всегда составляла 10...40 % допустимых для сливов значений и за 30 лет наблюдений только однажды этот норматив был превышен в два раза [2]. Учитывая предусмотренный

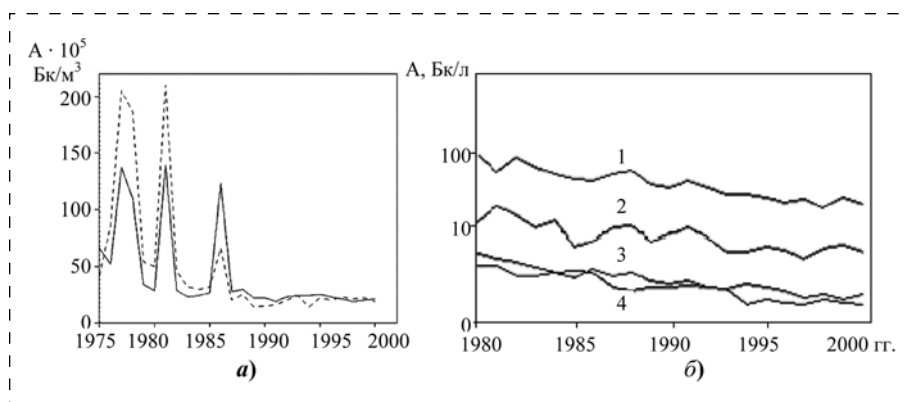


Рис. 3. Изменение среднегодовых концентраций (А): а — искусственных радионуклидов в приземном слое атмосферы на территории Дальневосточного региона (сплошная кривая) и Приморского края (пунктир); б — ^{90}Sr в водах озера Ханка (1), реки Амур (2), Японского моря (3) и северо-западной части Тихого океана (4)



при выборе районов захоронения РАО двух-трехкратный запас по допустимым сбросам, этот случай можно считать не опасным радиэкологически для открытых районов моря. Последующие исследования показали, что, несмотря на проводившиеся в течение многих лет сбросы РАО, содержание искусственных радионуклидов в морской среде Тихоокеанского региона не превышает фона и составляет 0,001...0,004 ПДК [7].

В соответствии с основными требованиями, предъявляемыми к процедуре захоронения радиоактивных веществ в море, и приведенными выше данными можно сделать заключение, что в течение всего периода затопления РАО на Тихоокеанском флоте эксплуатация районов кораблями флота с ядерными энергетическими установками соответствовала нормативным требованиям того времени.

Это обеспечило состояние радиэкологической обстановки в морской среде на допустимом уровне, в результате чего в прибрежных зонах не наблюдались концентрации техногенных радионуклидов, превышающие фоновые значения.

Такое заключение полностью подтверждается независимыми исследованиями, проведенными

отечественными и зарубежными специалистами в Тихом океане.

Список литературы

1. **Высоцкий В. Л., Данилян В. А.** Радиэкологическая обстановка // Окружающая среда и здоровье населения Владивостока. — Владивосток, ТИГ ДВО РАН, 1998. — С. 82—89.
2. **Временные санитарные требования** к захоронению в море радиоактивных отходов (ВСТЗ-66). ВМФ. — Москва, 1966.
3. **Антипов С. В., Королева Н. С.** Международное сотрудничество в области утилизации атомных подводных лодок // Атомная энергия. — 2004. — Т. 97. — Вып. 5. — С. 387—395.
4. **Требования** к безопасному обращению с радиоактивными отходами. IAEA-TECDOC. — Вена: МАГАТЭ, 1995.
5. **ОСПОРБ-99/2010.** Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности: СП 2.6.1.799—99. — М.: Минздрав России, 2010.
6. **Сивинцев Ю. В., Вакуловский С. М.** и др. Техногенные радионуклиды в морях, омывающих Россию. — М.: Издат, 2005. — С. 158—160.
7. **Сивинцев Ю. В., Высоцкий В. Л., Данилян В. А.** Радиационная обстановка в заливе Петра Великого при сливе жидких радиоактивных отходов // Атомная энергия. 1997. — Т. 82. — Вып. 4. — С. 309—317.
8. **Израэль Ю. А.** Радиоактивные выпадения после атмосферных ядерных испытаний и при ядерных авариях. — М.: Гидрометеоздат, 1998.

S. A. Golobokov, Professor of the Department, e-mail: golobokov_san@bk.ru,
O. L. Mokeeva, Professor of the Department, Lecturer, Pacific Higher Navy Institute named after S. O. Makarov, Vladivostok

Problems of Providing Radiation Hazard in the Far Eastern Seas

The article represents reliable official data about radioactive waste being sank by the USSR and the Russian Federation, that in contrast to "The White Book of 1993" impartially characterizes real and being forecasted radiation and ecological situation being conditioned with such operations. It is intended for specialists in the field of radiation security and surroundings defense, radioecology, and oceanology, and for those who are interested in the questions of after-effects while sinking radioactive wastes in the World Ocean. It also could be very interesting for seamen, Navy officers, students of Navy educational institutions and wide circle of readers.

Keywords: the Pacific ocean, the Navy, nuclear submarines, nuclear tests, radioactive wastes

References

1. **Vysockij V. L., Danilyan V. A.** Radioekologicheskaya obstanovka. *Okruzhayushhaya sreda i zdorov'e naseleniya Vladivostoka.* Vladivostok, TIG DVO RAN, 1998. P. 82—89 (in Russian).
2. **Vremennye sanitarnye trebovaniya** k захоронению в море радиоактивных отходов (VSTZ-66). ВМФ. Moscow, 1966 (in Russian).
3. **Antipov S. V., Koroleva N. S.** Mezhdunarodnoe sotrudnichestvo v oblasti utilizatsii atomnykh podvodnykh lodok. *Atomnaya ehnergiya.* 2004. V. 97. R. 5. P. 387—395 (in Russian).
4. **Trebovaniya k bezopasnomu obrashheniyu** s радиоактивными отходами. IAEA-TECDOC. Vena: MAGATEh, 1995 (in Russian).
5. **ОСПОРБ-99/2010.** Osnovnye sanitarnye pravila obespecheniya radiacionnoj bezopasnosti: SP 2.6.1.799—99. Moscow: Minzdrav Rossii, 2010 (in Russian).
6. **Sivincev Yu. V., Vakulovskij S. M.** i dr. *Texnogennye radio-nuklidy v moryax, omyvayushhix Rossiyu.* Moscow: Izdat, 2005. P. 158—160 (in Russian).
7. **Sivincev Yu. V., Vysockij V. L., Danilyan V. A.** Radiacionnaya obstanovka v zalive Petra Velikogo pri slive zhidkix radioaktivnykh otvodov. *Atomnaya ehnergiya.* 1997. V. 82. R. 4. P. 309—317 (in Russian).
8. **Izrael' Yu. A.** Радиоактивныe выпадения после атмосферных ядерных испытаний и при ядерных авариях. Moscow: Gidro-meteozdat, 1998 (in Russian).

УДК 621.762.24:669.273

Л. А. Воропанова, д-р техн. наук, проф., e-mail: lidia_metall@mail.ru, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Владикавказ, **З. А. Гагиева**, канд. техн. наук, вед. инж., Центр инженерного сопровождения предприятий ПАО "ГМК "Норильский никель"/Заполярный филиал ПАО "ГМК "Норильский никель", Норильск

Очистка сточных вод кожевенных, травильных и гальванических производств от ионов хрома сорбцией смесью анионита марки АМ-2Б и катионита марки КУ-2

Рассмотрен один из методов очистки сточных вод кожевенных, травильных и гальванических производств сорбцией на анионите марки АМ-2Б из растворов смеси солей Cr (III) и Cr (VI) с общей концентрацией хрома 500 мг/дм³. Показано, что можно селективно извлечь анионы Cr (VI) за время не более 20...30 мин. Отмечено, что сорбция смесью катионитов марки КУ-2 и анионитов марки АМ-2Б повышает извлечение смеси солей хрома при существенном сокращении времени сорбции.

Ключевые слова: сточные воды, сорбция, хром, водный раствор, концентрация, величина рН, сорбент

Введение

Хром, относящийся к высокотоксичным веществам, особо опасен для окружающей среды наряду с Cd, As, Ni, Hg, Pb, Zn. Сточные воды кожевенных, травильных и гальванических производств перед сбросом в водные бассейны необходимо очищать от ионов тяжелых металлов до норм ПДК [1, 2].

В сточных водах хром содержится в окисленной Cr (VI) и в восстановленной Cr (III) формах. Обычно Cr (VI) восстанавливают до Cr (III), последний вместе с другими катионами тяжелых металлов осаждают известью, содой и другими щелочными реагентами. Как видно из табл. 1, гидроксид хрома (III) амфотерен, его осаждение

Таблица 1

Значение рН осаждения гидроксида хрома (III) из водного раствора [3]

рН	Процесс
4,0	Начало осаждения из 1-мольного раствора
4,7	Начало осаждения из 0,01-мольного раствора
6,8	Практически полное осаждение (концентрация 10^{-5}-мольного раствора)
9,4	Начало растворения осадка
12...13	Полное растворение осадка

начинается в кислой, а растворение — в щелочной области.

Для очистки сточных вод от опасных загрязняющих веществ используют сорбцию с применением как катионитов, так и анионитов [4].

Материалы и методы

В данной работе исследована сорбция катионов Cr (III) и анионов Cr (VI) из водных растворов на анионите марки АМ-2Б, а также смеси анионита марки АМ-2Б и катионита марки КУ-2, взятых в весовом соотношении 1:1.

Пористый анионит АМ-2Б смешанной основности со сферическими гранулами получен аминированием хлорметиленового сополимера стирола и дивинилбензола смесью диметил- и триметиламинов. Анионит АМ-2Б имеет следующие характеристики: крупность гранул 0,63...1,6 мм; удельное набухание 2,7...3,2 см³/г; удельная поверхность 50...100 м²/г; общий объем пор 0,80...0,87 см³/г; механическая прочность 98...99 %; полная обменная емкость 3,3...3,7 мг·экв/г; обменные группы: $-\text{CH}_2-\text{N}(\text{CH}_3)_2$, $-\text{CH}_2-\overset{+}{\text{N}}(\text{CH}_3)_3$. Аналогами анионита АМ-2Б являются Purolite A-100/2412 и Amberlite IRA 96).

Гелевый сильнокислотный катионит КУ-2 получен сульфированием сополимера стирола и 8...20 %-ного дивинилбензола.



Сорбенты подвергали предварительной обработке в течение суток в 0,1-нормальных растворах H_2SO_4 (кислая обработка) либо $NaOH$ (щелочная обработка) или в дистиллированной воде (водная обработка). Весовое соотношение сорбент:раствор = 1:100.

В исходном растворе, содержащем извлекаемый металл, устанавливали заданное значение pH, которое в процессе извлечения металла менялось, поэтому регулировали значение pH до исходного значения щелочью $NaOH$ или кислотой H_2SO_4 . Через определенные промежутки времени от начала процесса контролировали концентрацию ионов металла в водной фазе.

Результаты и их анализ

Зависимость извлечения ионов $Cr(III)$ из водного раствора на анионите марки АМ-2Б от значения pH раствора при кислой обработке сорбента и концентрации исходного раствора $440 \text{ мг/дм}^3 Cr(III)$ показана на рис. 1.

При кислой обработке сорбента извлечение ионов $Cr(III)$ зависит от времени, значения pH раствора, статической обменной емкости (СОЕ) и предварительной обработки сорбента. Лучшие результаты сорбции получены в условиях, приведенных в табл. 2.

Зависимость извлечения анионов $Cr(VI)$ из водного раствора на анионите марки АМ-2Б при концентрации исходного раствора $Cr(VI)$: 3 г/дм^3 — кислая обработка, $1,5 \text{ г/дм}^3$ — водная и щелочная обработки от значения pH, времени сорбции и предварительной обработки сорбента показана на рис. 2.

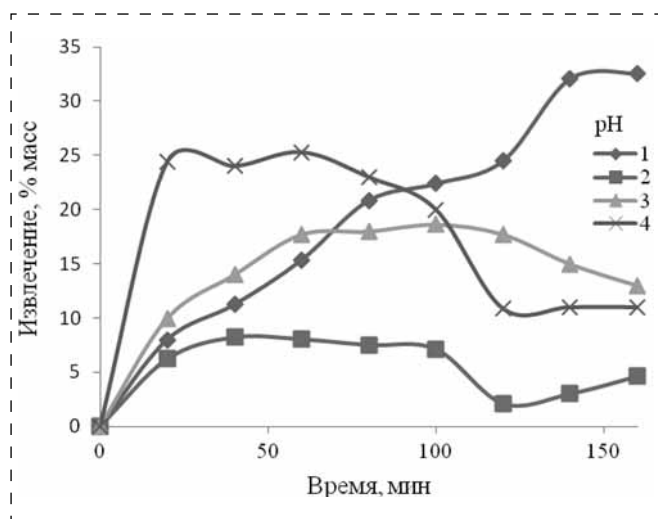


Рис. 1. Зависимость извлечения ионов $Cr(III)$ из водного раствора на анионите марки АМ-2Б от значения pH раствора при кислой обработке сорбента и концентрации исходного раствора $440 \text{ мг/дм}^3 Cr(III)$

Таблица 2

Лучшие результаты сорбции

pH	Время, мин	СОЕ, мг/г	Извлечение, % масс. от исходного
1	80...160	9...14	21...33
4	20...100	9...11	20...25

Результаты сорбции зависят от значения pH раствора, времени сорбции и слабо зависят от предварительной обработки сорбента. Лучшие

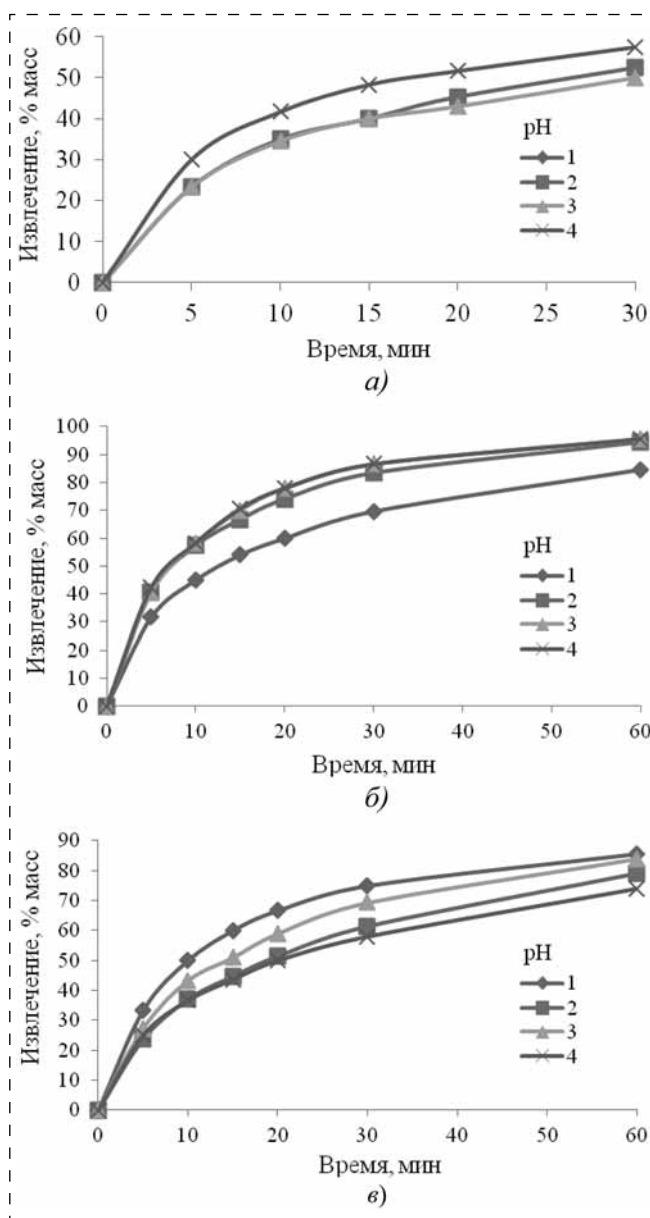


Рис. 2. Зависимость извлечения анионов $Cr(VI)$ из водного раствора на анионите марки АМ-2Б при концентрации исходного раствора $Cr(VI)$: 3 г/дм^3 — кислая обработка, $1,5 \text{ г/дм}^3$ — водная и щелочная обработки от значения pH, времени сорбции и предварительной обработки сорбента: а — кислая; б — водная; в — щелочная

Таблица 3

Лучшие результаты сорбции через сутки (по данным рис. 2)

Обработка сорбента	pH	COE, мг/г	Извлечение, % масс. от исходного
Кислая	4	173	58
Водная	2...4	161	96
Щелочная	1	128	86

результаты через сутки сорбции приведены в табл. 3.

Результаты сорбции хрома из водного раствора смеси солей $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ на анионите

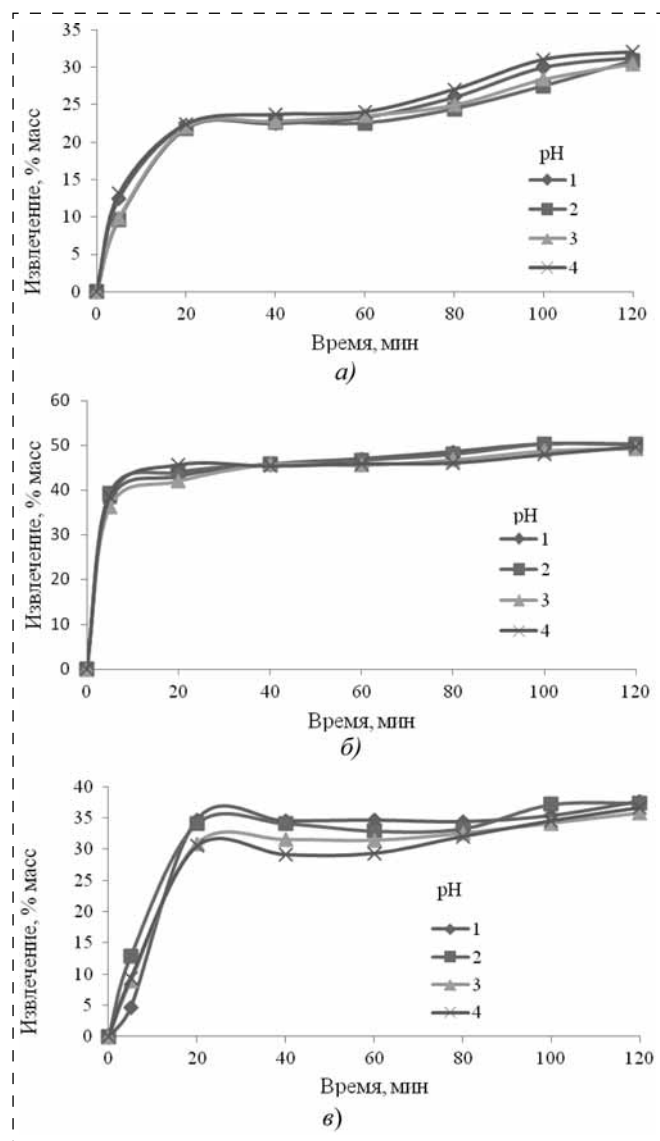


Рис. 3. Зависимость результатов сорбции хрома из водного раствора смеси солей $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ на анионите марки АМ-2Б при общем содержании хрома в растворе 977 мг/дм^3 и молярном соотношении солей $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = (1,2...1):1$ от значения pH раствора, времени сорбции и обработки сорбента: а — кислая, б — водная, в — щелочная

Таблица 4

Лучшие результаты сорбции через сутки (по данным рис. 3)

Обработка сорбента	pH	COE, мг/г	Извлечение, % масс. от исходного
Кислая	4	31	32
Водная	2...4	45	50
Щелочная	1	38	43

марки АМ-2Б при общем содержании хрома в растворе 977 мг/дм^3 и молярном соотношении солей $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = (1,2...1):1$ в зависимости от значения pH раствора, времени сорбции и предварительной обработки сорбента показаны на рис. 3.

Извлечение общего хрома из смеси солей практически не зависит от значения pH раствора, но зависит от обработки сорбента и за время 120 мин для кислой обработки и 5...20 мин для водной и щелочной обработок составляет 35 % масс. — кислая, 50 % масс. — водная, 38 % масс. — щелочная обработка. По данным химического анализа в процессе сорбции относительное содержание Cr (III) уменьшается незначительно и через сутки сорбции убывает на 10...12 %, а Cr (VI) уменьшается значительно и через сутки сорбции убывает на 55 %, а соотношение Cr (III):Cr (VI) составляет: 2,3 — кислая, 5,7 — водная, 3,3 — щелочная обработка. Лучшие результаты через сутки сорбции имеют значения, приведенные в табл. 4.

Таким образом, сорбцией на анионите марки АМ-2Б можно селективно извлечь из раствора Cr (VI), а раствор, содержащий Cr (III), направить в технологический процесс или на последующее извлечение Cr (III).

Результаты сорбции ионов хрома из водного раствора смеси солей $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ при общем содержании хрома в растворе 295 мг/дм^3 и молярном соотношении солей Cr (VI):Cr (III) = 2,3:1 в зависимости от значения pH раствора, времени сорбции и обработки смеси сорбентов КУ-2 и АМ-2Б (массовое соотношение КУ-2:АМ-2Б = 1:1) показаны на рис. 4.

Результаты сорбции зависят от предварительной обработки сорбента, времени сорбции и значения pH. Для кислой и водной обработок лучшие результаты получены в более кислой области, для щелочной — в более щелочной области. По данным химического анализа в случае кислой обработки сорбента Cr (VI) практически полностью сорбируется за время 90 мин, а Cr (III) — за сутки, при водной обработке сорбента весь хром сорбируется за сутки, в случае щелочной обработки для полного извлечения хрома из раствора требуется время больше суток.

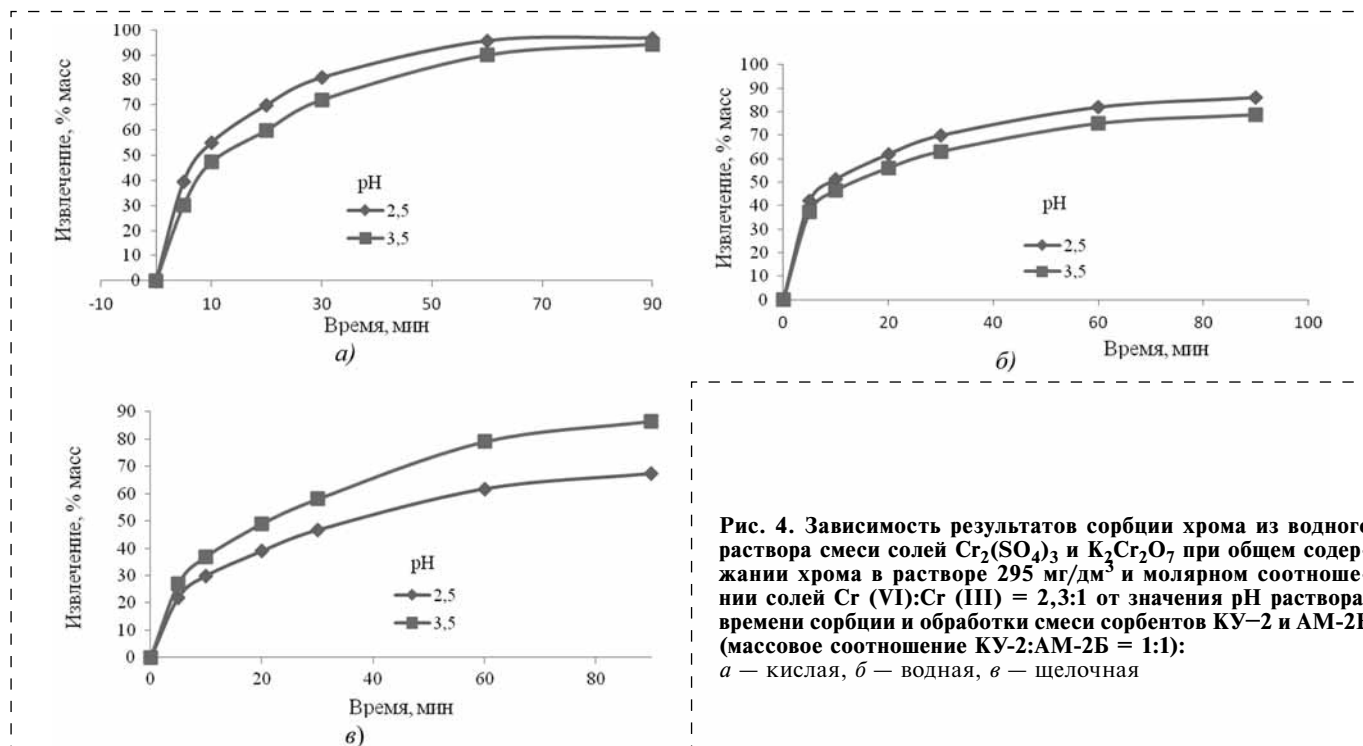


Рис. 4. Зависимость результатов сорбции хрома из водного раствора смеси солей $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ и $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ при общем содержании хрома в растворе 295 мг/дм^3 и молярном соотношении солей $\text{Cr(VI)}:\text{Cr(III)} = 2,3:1$ от значения pH раствора, времени сорбции и обработки смеси сорбентов КУ-2 и АМ-2Б (массовое соотношение КУ-2:АМ-2Б = 1:1): а — кислая, б — водная, в — щелочная

Выводы

1. Сорбцией на анионите марки АМ-2Б из растворов смеси солей Cr (III) и Cr (VI) можно селективно извлечь Cr (VI).
2. Сорбция смесью катионитов марки КУ-2 и анионитов марки АМ-2Б повышает извлечение смеси солей хрома.

Список литературы

1. Проскуряков В. А., Шмидт Л. И. Очистка сточных вод в химической промышленности. — Л.: Химия, 1977. — 469 с.
2. Милованов А. В. Очистка сточных вод предприятий цветной металлургии. — М.: Металлургия, 1971. — 384 с.
3. Лурье Ю. Ю. Справочник по аналитической химии. — М.: Химия, 1989. — 297 с.
4. Воропанова Л. А. Теория и практика сорбционных процессов извлечения цветных металлов из водных растворов. — Владикавказ: Мавр, 2014. — 360 с.

L. A. Voropanova, Professor of Department, e-mail: lidia_metall@mail.ru, North-Caucasian Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), Vladikavkaz, **Z. A. Gagieva**, Leading Engineer, Center of Engineering Maintenance of the Enterprises of JSC "MMC "Norilsk Nickel"/Polar division JSC "MMC "Norilsk Nickel", Norilsk

Wastewater Treatment of Leather, Pickling and Electroplating Industries from Ion Chromium by Sorption Mixtures of Anion Brand AM-2B and Cation Brand KU-2

A chromium belongs to the high-toxic substances. Sewages must be purged from the ions of chromium to the norms maximum possible concentrations

By a persorption on the anionite of brand of AM-2B from solutions of mixture of salts of Cr (III) and Cr (VI) with the general concentration of chromium 500 mg/dm^3 can be selective extracted anions of Cr (VI) for time no more than 20...30 min. Sorption extraction of mixture of salts of Cr (III, VI) promotes mixture of cationites of brand of KU-2 and anionites of brand of AM-2B at substantial reduction of time of persorption.

Keywords: sewage, sorption, chrome, water solution, concentration, size of pH, sorbent

References

1. Proskuryakov V. A., Schmidt L. I. Wastewater treatment in chemical industry. Leningrad: Chemistry, 1977. 469 p.
2. Milovanov A. V. Wastewater treatment companies non-ferrous metallurgy. Moscow: Metallurgy, 1971. 384 p.
3. Lurie Yu. Yu. Handbook of analytical chemistry. Moscow: Chemistry, 1989. 297 p.
4. Voropanova L. A. Theory and practice of sorption processes of extraction of non-ferrous metals from aqueous solutions. Vladikavkaz: Publishing House "Mavr", 2014. 360 p.

УДК 614.8:(622.323+658.345)

А. В. Мельников, канд. техн. наук, зав. сектором, e-mail: MelnikovA V@niitnn.transneft.ru,
А. А. Распопов, канд. техн. наук, начальник отдела, **Я. М. Фридлянд**, первый зам.
генерального директора, ООО "НИИ Транснефть", Москва

О методических подходах к анализу риска каскадных аварий на объектах нефтегазового комплекса

Рассмотрена общая методология анализа риска каскадных аварий — одного из инструментов системы поддержки принятия решений при оптимизации размещения технологических элементов на этапе проектирования. Отмечена необходимость перехода от предписывающего подхода к размещению технологических элементов на промплощадке к подходу на основе анализа риска. Приведен алгоритм расчета показателей риска каскадных аварий, указаны способ расчета вероятности возникновения каскадных аварий на производственных объектах и допущения, необходимые для его практической реализации.

Ключевые слова: анализ риска, каскадные аварии, оптимизация компоновки, обоснование безопасности, нефтегазовые объекты

Обеспечение безопасности производства на всех этапах его жизненного цикла является комплексной задачей, первые этапы решения которой реализуются еще на стадии принятия принципиальных проектных решений. Современные методические подходы к оценке техногенного риска позволяют проводить оценку ряда показателей безопасности проектируемого объекта по мере появления все более и более детальной информации об объекте в процессе его проектирования. При этом сами показатели безопасности и совокупность методов их оценки изменяются, точность получаемых результатов увеличивается, а возможности масштабных изменений проекта уменьшаются при повышении детализации проектных решений.

Одним из традиционных методов обеспечения безопасности, нашедшим свое отражение в ряде нормативных документов различного уровня является "защита расстоянием", выражающаяся в установлении минимально допустимых расстояний между отдельными элементами объекта, что, как правило, приводит к увеличению площадей промплощадок и длин технологических коммуникаций. Это, в свою очередь, может привести к удорожанию проекта. В отдельных случаях, таких как размещение объектов в районах многолетнемерзлых грунтов на насыпных площадках из минерального грунта, размер последних может оказывать существенное влияние на стоимостные показатели проекта [1].

Разработка и внедрение современных, все более совершенных организационных и технических

систем обеспечения безопасности обуславливает во многих случаях избыточность установленных нормативными документами минимальных расстояний. В сложившейся ситуации определенные шаги были сделаны изменениями федерального законодательства [2], предусматривающими возможность отступления от требований норм и правил посредством разработки специального документа — обоснования безопасности, включающего сведения о результатах оценки риска аварий на опасном производственном объекте (далее — ОПО). Таким образом, анализ риска выступает в роли инструмента, позволяющего обосновать рациональное отступление от требований промышленной безопасности при проектировании и эксплуатации ОПО, в том числе с сокращенными расстояниями между технологическими элементами на промплощадке.

Вопросам размещения оборудования посвящен ряд работ [3, 4], в которых представлены общие подходы к рационализации компоновки производственного оборудования с точки зрения минимизации затрат на производство товарной продукции. В некоторых работах предложены подходы к оптимизации размещения оборудования с позиций уменьшения частоты возникновения аварийных процессов в местах "концентрации" оборудования [5, 6]. Анализ научно-технической информации из отечественных профильных источников показал, что рассмотрение вопросов оптимизации компоновки оборудования по критерию минимизации ущерба от возможных



аварий практически отсутствует, за исключением нескольких работ, направленных на поиск оптимальной компоновки оборудования в целях минимизации возможных ущербов экологии, от потери газа и в случае его недоотпуска потребителям [7, 8].

При этом в зарубежных периодических изданиях по промышленной безопасности тема выработки изначально безопасных проектных решений (inherent safety design) с точки зрения поражения персонала и оборудования занимает одну из ключевых позиций [9–11]. Основной вектор современных исследований в рассматриваемой области направлен на разработку инструментов анализа безопасности проектных решений (в подавляющем большинстве случаев на основе анализа риска) и интегрированных в проект мероприятий, снижающих вероятность и последствия наступления негативных событий.

При выполнении анализа риска особое внимание следует уделять оценке возможности развития каскадных аварий (аварий с эффектом "домино") и их последствий, что связано с формированием условий вовлечения соседнего с аварийным оборудованием в аварийный процесс при уменьшении расстояния между ними. При этом под каскадной аварией подразумевается авария (первичное событие), вовлекающая в свое развитие посредством поражающих факторов своего физического проявления (первичный сценарий) близлежащее оборудование, в результате поражения (повреждения, разрушения) которого реализуется один или несколько дополнительных аварийных процессов (вторичное событие).

Развитие методологии анализа риска каскадных аварий на объектах химической и нефтегазохимической промышленности занимает заметное место в работах зарубежных ученых [12–14 и др.], чего нельзя сказать об отечественных разработках в данной области, отмеченных единичными публикациями [15, 16]. При этом, согласно данным работы [17], до 86 % крупных аварий на производственных объектах развивались по механизму каскадной аварии.

Обобщенный алгоритм анализа риска аварий с каскадным эффектом на промышленных объектах приведен на рис. 1 [18]. Анализ возможности развития каскадной аварии следует начинать с идентификации первичных событий (п. 1 рис. 1), способных привести к каскадному эффекту. При этом рекомендуется рассматривать как основные аварийные события, т. е. аварии, учитываемые при обычной процедуре анализа риска, так и аварии, не рассматриваемые в этой процедуре, но способные вызвать каскадный эффект (например, разрыв с возгоранием газа технологического

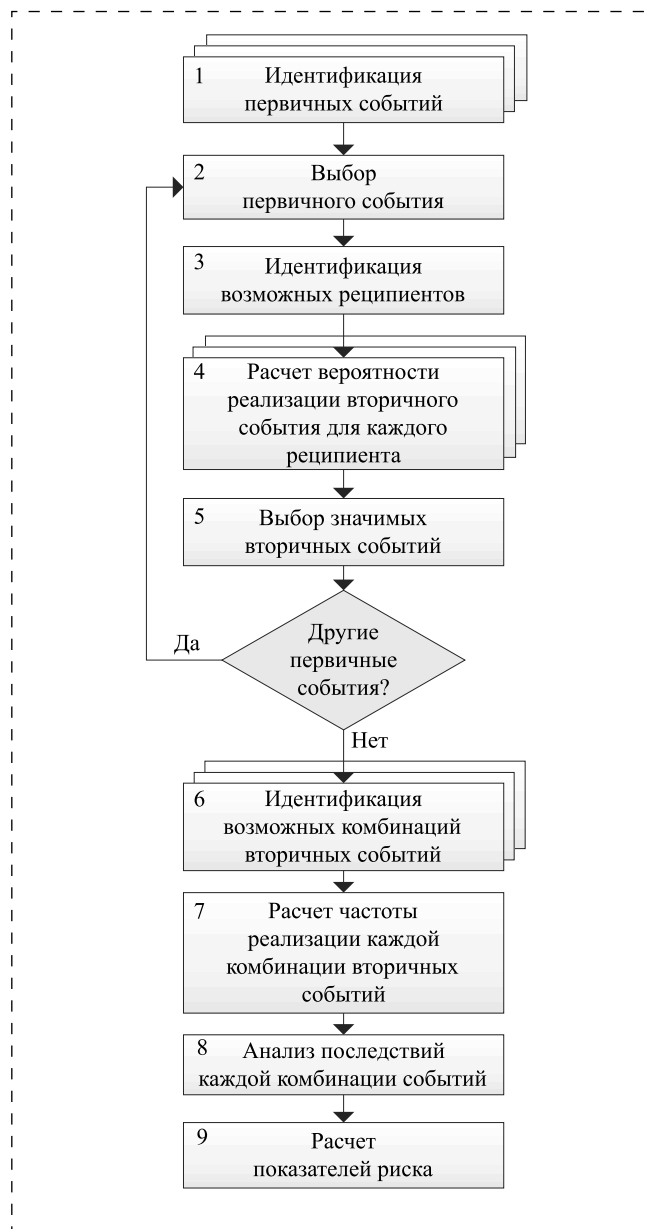


Рис. 1. Обобщенный алгоритм анализа риска аварий с каскадным эффектом на промышленных объектах

газопровода малого диаметра, воздействие пламени на газопровод основной технологической цепочки с последующим его разрывом). Следует отметить, что согласно работе [19] такие случаи возникновения каскадных аварий имели место в действительности. Эта рекомендация актуальна при анализе объектов со сложными химико-технологическими процессами, такими как крекинг нефтепродуктов с удалением из зоны реакции различных веществ, фракционирование, последовательное сжижение и др., где к аппаратам основной технологической цепочки подходит большое число небольших трубопроводов, транспортирующих

промежуточные продукты технологического процесса. Для основных технологических объектов добычи, подготовки к транспорту и транспорта газа и нефти, характеризующихся незначительным количеством вспомогательных трубопроводов и емкостей, эта рекомендация может не приниматься во внимание.

Следующим этапом анализа риска аварий с каскадным эффектом является выбор первичного события (п. 2) с последующим определением оборудования — реципиента, которое может быть повреждено (разрушено), и при разрушении этого оборудования возникает собственный, не зависящий от изначального, аварийный процесс (вторичное событие) — п. 3. Применительно к авариям, которые могут развиваться на объектах добычи, подготовки к транспорту и транспорта газа и нефти, на этом этапе следует рассматривать все их физические проявления, в том числе разлет осколков, возникновение воздушной волны сжатия, пожар и т. д.

Далее (см. рис. 1) следует выполнить расчет реализаций вероятности вторичного события (п. 4) при воздействии поражающих факторов первичного для всего оборудования, находящегося в зоне действия поражающих факторов каждого первичного события, с последующим отсечением незначительных (не приводящих к серьезным последствиям) вторичных событий (п. 5) и осуществить замыкание операции алгоритма на п. 2 до рассмотрения всех возможных первичных событий.

Ввиду технологической специфики объектов добычи, подготовки к транспорту и транспорта газа и нефти, характеризующихся наличием в трубопроводах (сосудах, аппаратах) газа высокого давления, значительных количеств нефти и незначительным количеством вспомогательных газопроводов и емкостей, выполнение п. 5 приведенного выше алгоритма необязательно ввиду того, что практически любая авария с выбросом газа или утечкой нефти свыше определенного объема на площадочных сооружениях является значимой и подлежит обязательному рассмотрению.

Для практической реализации приведенного на рис. 1 алгоритма расчета вероятности возникновения вторичного события при воздействии поражающих факторов первичного события целесообразно использовать следующие допущения,

не оказывающие значительного влияния на получаемый результат [20]:

- рассматривать действия поражающих факторов первичного события как события независимые;
- рассматривать вторичные события, связанные только с разгерметизацией основного оборудования;
- степень поражения оборудования от различных поражающих факторов аварии не суммировать в силу различных механизмов их воздействия.

При этом рассматривается вся совокупность из N технологических объектов (оборудования), рассчитываются зоны поражения оборудования для каждого поражающего фактора при возникновении аварий на всех технологических объектах (оборудовании) и определяются вероятности разрушения оборудования, попавшего в зону поражения (рис. 2).

Результаты представляются в виде матриц размерности $N \times N$, где N — число единиц основного технологического оборудования блока, $P_{k:n}^i$ — вероятность поражения n -го оборудования при аварии на k -ом оборудовании с реализацией i -го поражающего фактора (рис. 3).

При рассмотрении i поражающих факторов будем иметь i вероятностей поражения n -го оборудования при аварии на k -ом оборудовании. Общая вероятность поражения n -го оборудования при аварии на k -ом оборудовании $P_{k:n}$ определяется выражением:

$$P_{k:n} = 1 - \prod_{i=1}^I (1 - P_{k:n}^i), \quad (1)$$

где I — общее число учитываемых поражающих факторов аварии; $P_{k:n}^i$ — вероятность поражения n -го оборудования при аварии на k -ом оборудовании с реализацией i -го поражающего фактора.

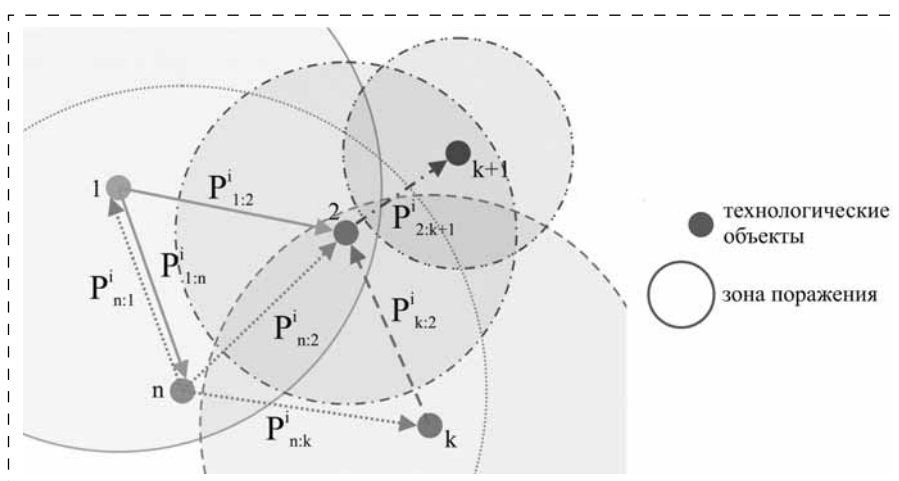


Рис. 2. К определению состава поражаемого оборудования при реализации поражающих факторов первичного события



	Об. №1	Об. №2	...	Об. №k	Об.№ (k+1)	...	Об. №N
Об. №1	0	$P_{1:2}^i$		$P_{1:k}^i$	$P_{1:(k+1)}^i$		$P_{1:N}^i$
Об. №2	$P_{2:1}^i$	0		$P_{2:k}^i$	$P_{2:(k+1)}^i$		$P_{2:N}^i$
⋮			0				
Об. №k	$P_{k:1}^i$	$P_{k:2}^i$		0	$P_{k:(k+1)}^i$		$P_{k:N}^i$
Об. № (k+1)	$P_{(k+1):1}^i$	$P_{(k+1):2}^i$			0		$P_{(k+1):N}^i$
⋮						0	
Об. №N	$P_{N:1}^i$	$P_{N:2}^i$		$P_{N:k}^i$	$P_{N:(k+1)}^i$		0

Рис. 3. Матрица вероятностей поражения n -го технологического оборудования при авариях на k -ом оборудовании с реализацией i -го поражающего фактора

Далее, в пп. 6—9 алгоритма анализа риска аварий с каскадным эффектом (см. рис. 1) предлагается провести идентификацию достоверных комбинаций первичное событие — вторичное событие, проанализировать частоты и последствия их реализации и вычислить искомые показатели риска. Принимая во внимание исключение из анализа событий на вспомогательных системах и условие развития вторичного события при полном разрушении подвергаемого воздействию оборудования, требования этих пунктов трансформируются в определение вероятности возникновения каскадных аварий на рассматриваемом объекте P_e . Приведенные выше допущения позволяют вычислять P_e на основе изложенного подхода к определению вероятности поражения n -го оборудования при аварии на k -ом оборудовании $P_{k:n}$:

$$P_k = 1 - \prod_{n=1}^N (1 - P_{k:n}), \quad (2)$$

$$P_e = \frac{\sum_{k=1}^N (f_k P_k)}{F}, \quad (3)$$

где P_k — вероятность развития каскадной аварии при аварии на k -ом оборудовании; f_k — частота возникновения первичных событий (аварий) на k -ом оборудовании; $F = \sum_{k=1}^N f_k$ — инте-

гральная частота первичных событий (аварий) на всем оборудовании анализируемого объекта; N — общее число оборудования анализируемого объекта.

Важно понимать, что изложенная схема расчета вероятности возникновения каскадной аварии может быть аналогичным образом использована для расчета вероятностей возникновения каскадных аварий высоких порядков (третичные, четвертичные и т. п. события), схема развития которых приведена на рис. 4 (на примере третичных событий).

Однако неизбежное масштабирование вычислений, которые только для вторичного события требуют рассмотрения при анализе риска $2^S - 1$ сценариев развития каскадной аварии, генерируемой первичным событием, где

S — количество возможных вторичных событий (п. 6 рис. 1) [18], делают процедуру рассмотрения каскадных аварий высоких порядков весьма трудоемкой. При том, согласно данным работы [17], доля каскадных аварий высоких порядков среди крупных промышленных аварий с каскадным эффектом по самым консервативным оценкам составляет не менее 0,15...0,20. Указанное обстоятельство приводит к необходимости развития методологии анализа риска каскадных аварий высоких порядков в части сокращения трудоемкости расчетов их сценариев, в том числе посредством совершенствования специализированных программных продуктов, таких как DOMIFFECT, DomPrevPlanning[®], FREEDOM и др. [21—23]. Кроме того, актуальным направлением развития методологии анализа риска каскадных аварий является разработка моделей поражения оборудования при воздействии на него поражающих факторов, используемых на этапе расчета вероятности реализации вторичного события (см. п. 4 рис. 1), чему посвящено значительное число исследований, обобщение и анализ результатов которых требует отдельного рассмотрения.

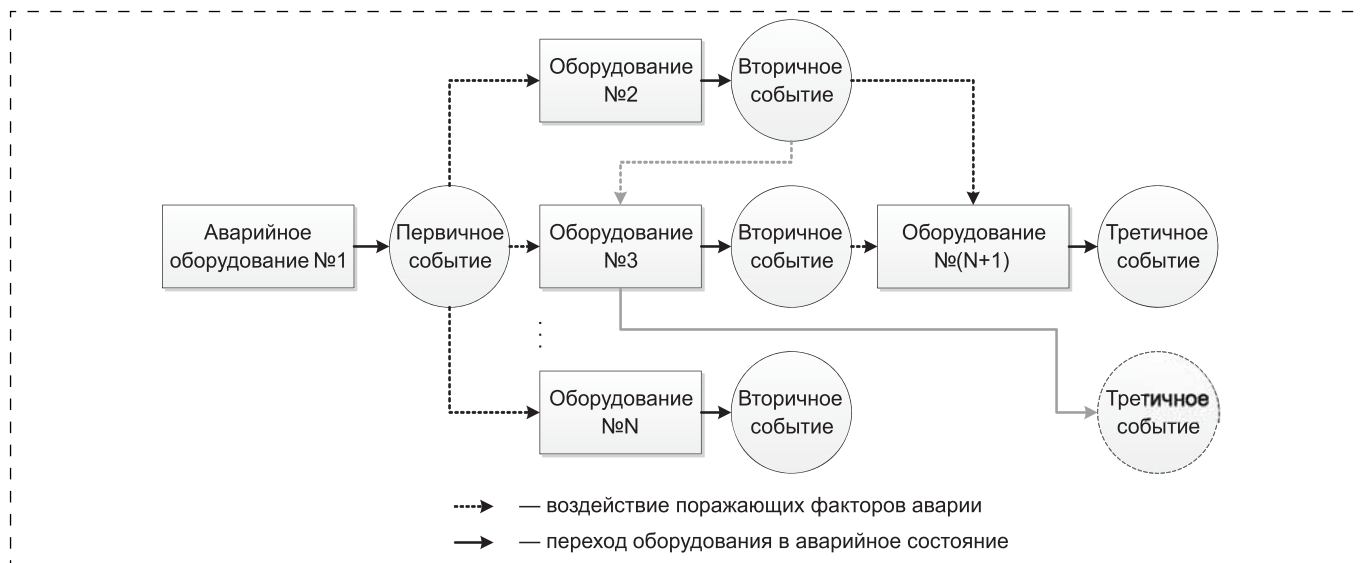


Рис. 4. Схема развития каскадных аварий высоких порядков (на примере третичных событий)

Список литературы

1. Мельников А. В. Анализ рисков эксплуатации объектов добычи и подготовки газа на месторождениях Крайнего Севера: дис. ... канд. техн. наук. — М., 2009. — С. 109.
2. Федеральный закон от 04.03.2013 № 22-ФЗ "О внесении изменений в Федеральный закон "О промышленной безопасности опасных производственных объектов", отдельные законодательные акты Российской Федерации и о признании утратившим силу подпункта 114 пункта 1 статьи 333.33 части второй Налогового кодекса Российской Федерации".
3. Лобуз В. В., Мельников Г. Н. Оптимизация размещения оборудования в цехах серийного производства // Справочник. Инженерный журнал. — 2006. — № 12. — С. 35—39.
4. Бондаренко В. Н., Жуков Е. М. Моделирование компоновочно-технологического решения гибкой производственной системы с целью оптимизации расстановки основного технологического оборудования // Вестник Тамбовского университета. — 2006. — Т. 11. — № 4. — С. 594—596.
5. Идрисов В. Р., Тляшева Р. Р. Вейвлет-анализ зон опасностей опасных производственных объектов // Остаточный ресурс нефтегазового оборудования. — Уфа: УГНТУ, 2006. — С. 78—80.
6. Идрисов В. Р., Тляшева Р. Р., Кузеев И. Р. Оценка зон потенциальной опасности опасных производственных объектов с использованием ГИС-технологий и вейвлет-анализа // Электронный журнал "Нефтегазовое дело". 2006. № 2. URL: http://ogbus.ru/authors/Idrisov_1.pdf (дата обращения 26.07.2016).
7. Сорокованов В. А., Тарасов А. В. Практический опыт по применению критериев надежности и безопасности при проектировании газодобывающих предприятий // Разработка и эксплуатация газовых и газоконденсатных месторождений. — М.: ИРЦ Газпром, 2000. — С. 41—42.
8. Сорокованов В. А., Тарасов А. В. Анализ надежности и безопасности компоновочных решений УКПП-ИС месторождения Заполярное // Потенциал. — 2001. — № 1. — С. 54—56.
9. Cozzani V., Tugnoli A., Salzano E. Prevention of domino effect: From active and passive strategies to inherently safer design // Journal of Hazardous Materials. — 2007. Vol. 139. Issue 2. — P. 209—219.
10. Hendershot D. C. Inherently safer chemical process design // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. — 1997. — Vol. 10. — Issue 3. — P. 151—157.
11. Rathnayaka S., Khan F., Amyotte P. Risk-based process plant design considering inherent safety // Safety Science. — 2014. — Vol. 70. — P. 438—464.
12. Bagster D. F., Pitblado R. M. The estimation of domino incident frequencies: an approach // Process Safety Environment. — 1991. — Vol. 69. — P. 195—199.
13. Gledhill J., Lines I. Development of methods to assess the significance of domino effects from major hazard sites, CR Report 183, Health and Safety Executive, 1998. URL: http://www.hse.gov.uk/research/crr_pdf/1998/crr98183.pdf (дата обращения 26.07.2016).
14. Khan F. I., Abbasi S. A. An assessment of the likelihood of occurrence, and the damage potential of domino effect in a typical cluster of industries // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. — 2001. — Vol. 14. — Issue 4. — P. 283—306.
15. Азаров Н. И., Давидюк О. В., Кошовец Н. В., Лисанов М. В. Анализ возможности каскадного развития аварий на взрывопожароопасных объектах // Безопасность труда в промышленности. — 2007. — № 5. — С. 42—47.
16. Белов П. Г. Автоматизированное прогнозирование риска каскадных техногенных происшествий // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. — 2013. — № 1 (4). — Том 3. — С. 13—23.
17. Darbra R. M., Palacios A., Casal J. Domino effect in chemical accidents: Main features and accident sequences // Journal of Hazardous Materials. — 2010. — Vol. 183. — Issues 1—3. — P. 565—573.
18. Cozzani V., Gubinelli G., Antonioni G., Spadoni G., Zanelli S. The assessment of risk caused by domino effect in quantitative area risk analysis // Journal of Hazardous Materials. — 2005. — Vol. 127. — Issues 1—3. — P. 14—30.
19. Cozzani V., Zanelli S. An Approach to the Assessment of Domino Accidents Hazard in Quantitative Area Risk Analysis // Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries: Proceedings of the 10th IS. — Stockholm, 2001. — P. 1263—1274.
20. Khan F. I., Abbasi S. A. Models for domino effect analysis in chemical process industries // Process Safety Progress. — 1998. — Vol. 17. — Issue 2. — P. 107—123.
21. Khan F. I., Abbasi S. A. DOMIFFECT (DOMIno eFFECT): user-friendly software for domino effect analysis // Environmental Modelling and Software. — 1998. — Vol. 13. — Issue 2. — P. 163—177.
22. Reniers G. L.L., Dullaert W. DomPrevPlanning®: User-friendly software for planning domino effects prevention // Safety Science. — 2007. — Vol. 45. Issue 10. — P. 1060—1081.
23. Abdolhamidzadeh B., Abbasi T., Rashtchian D., Abbasi S. A. A new method for assessing domino effect in chemical process industry // Journal of Hazardous Materials. — 2010. — Vol. 182. — Issue 1—3. — P. 416—426.



A. V. Melnikov, Head of Sector, e-mail: MelnikovA V@niitnn.transneft.ru,
A. A. Raspopov, Head Of Department, Ja. M. Fridlyand, First Deputy General Director,
Transneft Research Institute for Oil and Oil Products Transportation (Transneft R&D, LLC)

Methodical Approaches to Risk Analysis of Domino Accidents on Oil and Gas Facilities

The paper describes a common methodology for the risk analysis of domino accidents as a part of decision support system in the process of layout optimization of production facilities at the design stage. The importance of transition to risk-based layout design of production facilities and first step in Russian legislations to this direction — a document called "safety justification" — are discussed. The algorithm of calculation of risk indicators of domino accidents is shown, the method of calculation of the probability of occurrence of domino accidents on oil and gas production, preparation and transportation facilities and assumptions for its practical implementation are presented.

Keywords: risk analysis, domino accidents, layout optimization, safety justification, oil and gas facilities

References

1. Melnikov A. V. Risk analysis of Far North gas production and preparation facilities: Phd thesis. — Moscow, 2009. P. 109.
2. Federal law of 04.03.2013 N 22-FZ "On amendments to the Federal law "On industrial safety of hazardous production facilities" certain legislative acts of the Russian Federation and on invalidation of sub-item 114 of item 1 of article 333.33 of second part of Tax code of the Russian Federation".
3. Lobus V. V., Melnikov G. N. Equipment placement optimization in the workshops of the serial production. *Spravochnik. Inzhenernyy zhurnal*. 2006. V. 12. P. 35–39.
4. Bondarenko V. N., Zhukov E. M. Modeling of layout-technological solutions in a flexible production system to optimize the placement of the main process equipment. *Vestnik Tambovskogo universiteta*. 2006. V. 11. No. 4. P. 594–596.
5. Idrisov V. R., Tljasheva R. R. Wavelet analysis of danger zones on hazardous industrial objects. *Ostatochnyy resurs neftegazovogo oborudovaniya*. Ufa: UGNTU, 2006. — P. 78–80.
6. Idrisov V. R., Tljasheva R. R., Kuzeev I. R. Assessment of potential danger areas of hazardous production facilities using GIS technology and wavelet analysis. *Jelektronnyy zhurnal "Neftegazovoe delo"*. 2006. No. 2. URL: http://ogbus.ru/authors/Idrisov_1.pdf (data accessed 26.07.2016).
7. Sorokovanov V. A., Tarasov A. V. Practical experience of the application of reliability and safety criteria in the design of gas production facilities. *Razrabotka i jekspluatsiya gazovyh i gazokondensatnyh mestorozhdenij*. Moscow: IRC Gazprom, 2000. P. 41–42.
8. Sorokovanov V. A., Tarasov A. V. Analysis of reliability and safety of layout solutions of GPU № 1S of Zapoljarnoe field. *Potencial*. 2001. No. 1. P. 54–56.
9. Cozzani V., Tugnoli A., Salzano E. Prevention of domino effect: From active and passive strategies to inherently safer design. *Journal of Hazardous Materials*. 2007. Vol. 139. Issue 2. P. 209–219.
10. Hendershot D. C. Inherently safer chemical process design. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 1997. Vol. 10. Issue 3. P. 151–157.
11. Rathnayaka S., Khan F., Amyotte P. Risk-based process plant design considering inherent safety. *Safety Science*. 2014. Vol. 70. P. 438–464.
12. Bagster D. F., Pitblado R. M. The estimation of domino incident frequencies: an approach. *Proc. Safety Environ.* 1991. Vol. 69. P. 195–199.
13. Gledhill J., Lines I. Development of methods to assess the significance of domino effects from major hazard sites, CR Report 183, Health and Safety Executive, 1998. URL: http://www.hse.gov.uk/research/crr_pdf/1998/crr98183.pdf (data accessed 26.07.2016).
14. Khan F. I., Abbasi S. A. An assessment of the likelihood of occurrence, and the damage potential of domino effect in a typical cluster of industries. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2001. Vol. 14. Issue 4. P. 283–306.
15. Azarov N. I., Davidjuk O. V., Koshovec N. V., Lisanov M. V. Analysis of the possibility of domino accidents on objects with explosive and fire danger. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti*. 2007. No. 5. P. 42–47.
16. Belov P. G. Automated prediction of risk of domino toxicogenic accidents. *Strategija grazhdanskoj zashhity: problemy i issledovaniya*. 2013. No. 1 (4). V. 3. P. 13–23.
17. Darbra R. M., Palacios A., Casal J. Domino effect in chemical accidents: Main features and accident sequences. *Journal of Hazardous Materials*. 2010. Vol. 183. Issues 1–3. P. 565–573.
18. Cozzani V., Gubinelli G., Antonioni G., Spadoni G., Zanelli S. The assessment of risk caused by domino effect in quantitative area risk analysis. *Journal of Hazardous Materials*. 2005. Vol. 127. Issues 1–3. P. 14–30.
19. Cozzani V., Zanelli S. An Approach to the Assessment of Domino Accidents Hazard in Quantitative Area Risk Analysis. *Loss Prevention and Safety Promotion in the Process Industries: Proceedings of the 10th IS*. Stockholm, 2001. P. 1263–1274.
20. Khan F. I., Abbasi S. A. Models for domino effect analysis in chemical process industries. *Process Safety Progress*. 1998. Vol. 17. Issue 2. P. 107–123.
21. Khan F. I., Abbasi S. A. Domifect (domino effect): user-friendly software for domino effect analysis. *Environmental Modelling and Software*. 1998. Vol. 13. Issue 2. P. 163–177.
22. Reniers G. L.L., Dullaert W. DomPrevPlanning[®]: User-friendly software for planning domino effects prevention. *Safety Science*. 2007. Vol. 45. Issue 10. P. 1060–1081.
23. Abdolhamidzadeh B., Abbasi T., Rashtchian D., Abbasi S. A. A new method for assessing domino effect in chemical process industry. *Journal of Hazardous Materials*. 2010. Vol. 182. Issue 1–3. P. 416–426.

В. А. Минкин, зам. директора, e-mail: minkin@elsys.ru,
ООО "Многопрофильное предприятие "Элсис", Санкт-Петербург

Сравнительное психофизиологическое тестирование с предъявлением аудио- и видеоинформации

Рассмотрена возможность технического подхода к автоматическому определению психофизиологического состояния человека с помощью технологии виброизображения. Описаны примеры визуальных и текстовых тестов и предъявляемых стимулов. Приведены примеры графического отображения психофизиологического состояния человека и даны алгоритмы расчета сравнения параметров психофизиологического состояния.

Ключевые слова: биометрия, виброизображение, психофизиология, опросник, лояльность, терроризм

Введение

Проверка человека на лояльность определенному мировоззрению, идеологии, религии или более локальным принципам, событиям, корпоративным интересам представляет огромный интерес в настоящее время, как впрочем, и в любое другое. Тест на тему любит — не любит одинаково актуален для семьи, компании и государства. Настоящее время немного отличается от прошлого, когда для проверки лояльности можно было пытаться огнем или водой. Если бы у инквизиции были объективные средства проверки убеждений Галилео Галилея, то формальное согласие с официальной идеологией не позволило бы ему избежать костра. Реакция человека на предъявляемый стимул обязательно включает психофизиологические проявления [1–3], если этот стимул имеет определенную значимость для данного человека. Однако для разных людей величина и направленность этой реакции может быть различна, что существенно затрудняет объективность (метрологическую точность) подобных тестирований.

Развитие технических средств психофизиологических тестирований, прежде всего для детекции лжи, достигло существенного прогресса после разработки количественного метода сравнительного тестирования (control questions test), предложенного Кливом Бакстером в начале 60-х годов прошлого века [4] и получившего значительное развитие в последующих работах полиграфологов, психологов и психофизиологов [5–7]. При этом, большинство противников современной детекции лжи справедливо упрекают полиграфологов в субъективности анализа результатов [8, 9], что косвенно подтверждают и сами специалисты по детекции лжи, не доверяя

автоматическому анализу полиграмм, а используя только субъективные заключения полиграфолога в качестве юридического документа, принимаемого в суде [10, 11]. Необходимость субъективного анализа полученных результатов, действительно, ставит под сомнение сами полученные результаты и затрудняет признание психофизиологических методов тестирования действительно научными.

Стандартные подходы к психофизиологическому тестированию

Мечтой каждого психофизиолога является сведение любого психофизиологического тестирования к блестящему эксперименту с однозначным результатом, аналогично открытым первым российским нобелевским лауреатом академиком И. П. Павловым условным и безусловным рефлексам [12]. При этом возможность однозначной психофизиологической реакции для разных психотипов людей на предъявляемый стимул пока не доказана современной наукой. Рассмотрим это предположение на конкретном примере. Предположим, существуют два человека разного возраста и пола, причем один из них интроверт, другой экстраверт, но оба они одинаково любят пирожные. Им задается один вопрос, например, "Вы любите пирожные?" Они видят на экране красивое изображение пирожного.

Насколько одинаковы будут их психофизиологические реакции (ПФР), например, изменение пульса, частоты дыхания, кожногальваническая реакция, микродвижения? Современная психофизиология предполагает, что реакция у любителей пирожных будет примерно одинакова. В то же время реакция на этот стимул людей, которые ненавидят пирожные, будет сходна между собой и



будет значительно отличаться от реакции любителей пирожных. Однако указанное предположение сложно доказать по одному вопросу, измеряя один психофизиологический параметр. Для убедительного доказательства используется увеличение числа стимулов и увеличение количества измеряемых параметров. Для решения поставленной задачи необходимо составить систему уравнений (стимул-реакция), в которой число уравнений будет превышать количество неизвестных.

Данная работа посвящена изучению и проведению психофизиологических тестирований средней длительности (1...5 мин). Естественно, что метод проверки такой длительности сложно или даже невозможно применить в тех местах, где время контроля ограничено несколькими секундами, например, при проходе в метро, на стадион и т. д., там возможно только применение методов, способных оценить психофизиологическое состояние (ПФС) без обратной связи по реакции на стимулы.

При этом необходимо понимать, что цели и задачи быстрого (секундного) и среднего (минутного) контроля существенно различаются. Быстрый психофизиологический контроль (ПФК) направлен на выявление явных и скрытых эмоциональных состояний и угроз, он должен быть нацелен на выявление человека, собирающегося совершить преступление в момент контроля или сразу после него, в этом случае психоэмоциональное состояние преступника обязательно отличается от психоэмоционального состояния обычных людей [13]. Контроль средней длительности позволяет выявлять преступные намерения и убеждения людей, находящихся в нормальном психоэмоциональном состоянии.

Не случайно, наиболее известный американский проект на эту тему так и назывался Преступные Намерения (Hostile Intent) [14]. Человек с преступными убеждениями не собирается совершать преступления в момент контроля, но это не делает его менее опасным для общества, а только затрудняет выявление таких потенциальных преступников. Количество применений и мест, в которых персональный контроль, проводимый в течение нескольких минут, возможен и актуален, не уступает быстрому контролю. Это аэропорты, вокзалы, паспортный контроль, контроль билетов, интервью, предсменный контроль операторов, прием на работу, контроль на наркотики и пр.

Рассмотрим проблемы, которые мешают получению однозначного результата при проведении абстрактного психофизиологического тестирования (ПФТ) человека, на примере наиболее продвинутого ПФТ — детекции лжи.

Первая проблема полиграфологов возникает при составлении опросника и связана со сложностью предъявления каждому тестируемому одинаково значащего стимула, например, при формулировании контрольного или релевантного вопроса. Вторая проблема, препятствующая объективности результатов в детекции лжи, связана с погрешностями методов получения психофизиологической информации об объекте исследования. Ограниченное количество информации, передаваемой по каждому измерительному каналу, субъективность калибровки чувствительности, зависящая от контактных свойств закрепляемых датчиков, делает процесс ПФТ действительно зависимым от искусства и квалификации полиграфолога.

Еще одной проблемой для проведения тестирований контактными методами является требование практически полной неподвижности человека при проведении тестирования, так как любое движение создает помехи для контактных датчиков и результаты, полученные во время движений испытуемого, следует исключать из тестирования. Кроме того, неестественная неподвижность испытуемого отрицательно влияет на достоверность теста [15].

Однако основной проблемой современной детекции лжи является одномерность измерения, когда фиксируется только сам факт изменения актуального ПФС без учета направления его изменения. Такой подход является естественным при получении временных зависимостей физиологических параметров, причем увеличение каналов считывания физиологической информации позволяет только более надежно установить сам момент изменения ПФС, но не добавляет информации по направлению этого изменения.

Реальной альтернативой контактными методами получения психофизиологической информации являются методы, использующие видеoinформацию, как источник психофизиологических данных. Одним из наиболее информативных методов анализа видео является технология виброизображения [16].

Технология виброизображения — метод получения психофизиологической информации о человеке

Технология изображения основана на преобразовании в реальном времени видеосветового изображения объекта в изображение, образованное накопленной межкадровой разностью [17]. Такой подход позволяет получать информацию только о движущихся объектах и усиливать сигналы объектов, совершающих вибрации [18]. Голова человека, находящегося в квазистационарном

состоянии, постоянно совершает незначительные микродвижения и перемещения (вибрации), причем параметры этих микроперемещений зависят от психоэмоционального и психофизиологического состояния человека. Данное явление получило название вестибулярно-эмоциональный рефлекс [19, 20], так как физиологические механизмы микроперемещений головы человека регулируются вестибулярной системой и зависят от эмоционального состояния. Системы виброизображения применяются для решения широкого круга задач: от обеспечения общественной безопасности [21] до систем медицинской диагностики [22]. Рассмотрим возможности и преимущества использования систем виброизображения в качестве автоматического средства осуществления психофизиологического тестирования.

Автоматический контроль параметров видеоизображения при проведении психофизиологического тестирования

Большая часть параметров видеоизображения определяется применяемой видеокамерой и не нуждается в постоянном контроле во время тестирования. К таким параметрам следует отнести разрешающую способность (формат изображения) и частоту кадров. Для обеспечения необходимого качества виброизображения при тестировании одного человека необходимо иметь формат видео не менее 640×480 мм при частоте 30 кадров в секунду [23], что обеспечивает практически любая веб- или IP видеокамера. Однако существует ряд параметров, требующих непосредственного и постоянного контроля во время проведения тестирования.

Прежде всего это относится к уровню шума видеоизображения. Временной шум сигнала с видеокамеры включает в себя шумы самой видеокамеры, а также нестабильность освещенности и может заметно повлиять на результаты тестирования. Непрерывный расчет уровня шума необходимо осуществлять по методам, аналогичным измерению шума с фотоприемника телевизионной камеры [24]. В этом случае при малейшем превышении установленного порога уровня шумов система автоматически выдает сообщение об ошибке.

Следующим параметром, требующим постоянного контроля при тестировании, является размер изображения головы тестируемого человека в элементах изображения (пикселах), определяющий точность фиксируемых вибраций [25]. При этом человек чувствует себя естественно, что повышает достоверность результатов тестирования. Однако естественное поведение может привести к тому,

что во время ответа испытуемый отклонится от камеры и размер изображения головы человека станет меньше требуемого. Для устранения этой проблемы система виброизображения осуществляет постоянный контроль размера и наличия изображения головы человека в кадре.

Параметром, подлежащим постоянному автоматическому контролю во время проведения психофизиологического тестирования, является контроль быстродействия системы. Несмотря на то, что телевизионная камера может передавать 30 кадров в секунду с указанной разрешающей способностью, это не гарантирует того, что компьютер принимает и обрабатывает поступающую видеoinформацию в режиме реального времени. При снижении реальной частоты ввода и обработки кадров ниже установленной границы система автоматически выдает предупреждение об ошибке.

Практическое тестирование системы виброизображения показало, что контроль в режиме реального времени перечисленных трех основных ошибок [23] является необходимым и достаточным для обеспечения требуемой достоверности результатов психофизиологического тестирования.

Варианты реализации психофизиологического тестирования технологией виброизображения

Технология виброизображения позволяет организовать проведение психофизиологических тестирований в трех основных вариантах исполнения.

1. Классический вариант тестирования. Этот вариант аналогичен стандартному контактному полиграфу, когда эксперт проводит тестирование за компьютером, а испытуемый находится под контролем телевизионной камеры и располагается рядом или напротив эксперта. Применяется такой метод в основном для детекции лжи и проведения интервью.

2. Самотестирование на компьютере. Пользователь находится перед компьютером с запущенной программой виброизображения. Телевизионная камера расположена напротив пользователя и контролирует его действия по работе с программой. Такой вариант может применяться для предсменного контроля ПФС, он-лайн интервью, самотестирования и прохождения психологических тестов.

3. Автоматическое тестирование на лояльность, агрессивность, терроризм и т. д. Тестирование осуществляется в замкнутой кабине, перед тестируемым находится экран с предъявляемой информацией и вопросами. Действия тестируемого человека контролирует телевизионная камера.



В зависимости от результата теста в автоматическом режиме принимается решение о пропуске данного человека или отказе в пропуске и его задержании, дополнительном тестировании и т. д.

Следует подчеркнуть, что возможность автоматического ПФТ на данный момент обеспечивает только технология виброизображения, имеющая при этом минимальные значения по вероятностям ошибок первого (FRR) и второго (FAR) рода ($FRR = 10\%$, $FAR = 10^{-7}$), подтвержденные при реальном использовании системы [21].

Пример сравнительного ПФТ

Рассмотрим работу автоматической системы тестирования на лояльность к терроризму на конкретном примере предъявляемой текстовой и графической информации. В соответствии с модернизированным тестом контрольных вопросов Бакстера испытуемому предъявляется фиксированный опросник, включающий три блока контрольных и сравнительных вопросов, в начале и в промежутках между блоками расположены нейтральные вопросы [23].

Проведенные исследования показали, что для уменьшения погрешности сравнительного тестирования необходимо иметь примерно одинаковый временной интервал при предъявлении контрольных и релевантных вопросов, поэтому продолжительности вопросов и пауз при синхронном предъявлении различной информации необходимо уделять повышенное внимание. Испытуемый располагается перед монитором, на котором видит предъявляемые изображения и вопросы. Выбрав клавишу Да или Нет на экране монитора (рис. 1), испытуемый отвечает на

предъявляемые вопросы в режиме реального времени.

Предлагаемый метод позволяет получать и использовать для автоматической выдачи заключения следующую психофизиологическую информацию, полученную в ходе трехминутного тестирования.

1. Сравнительную информацию о психофизиологической реакции испытуемого (аналогичную классическому полиграфу) при ответе на релевантные (R_r) и контрольные (R_c) вопросы, которая включает оценку реакции испытуемого по максимальному уровню (max result) параметров виброизображения:

$R_c > R_r$; NDI — тест пройден положительно, если суммарная психофизиологическая реакция при ответе на контрольные вопросы выше, чем при ответе на релевантные вопросы;

$R_c = R_r$; INC — результат теста не определен, если суммарная психофизиологическая реакция при ответе на контрольные вопросы примерно равна реакции при ответе на релевантные вопросы;

$R_c < R_r$; DI — тест пройден отрицательно, если суммарная психофизиологическая реакция при ответе на контрольные вопросы ниже, чем при ответе на релевантные вопросы.

2. Сравнительную информацию о психофизиологической реакции испытуемого (аналогичную классическому полиграфу) при ответе на релевантные (R_r) и контрольные (R_c) вопросы, которая включает оценку реакции испытуемого по среднему уровню (average result) параметров виброизображения (расчет аналогичен п. 1).

3. Сравнительную информацию о психофизиологической реакции испытуемого (аналогичную классическому полиграфу) при ответе на релевантные (R_r) и контрольные (R_c) вопросы, которая включает оценку реакции испытуемого по интегральному уровню (integrated result) параметров виброизображения (расчет аналогичен п. 1).

4. Информацию о временной задержке при ответе на вопросы. Если испытуемый не нажал ни на одну из клавиш в течение времени, установленного для ответа на данный вопрос, то система переходит к следующему вопросу. По установленному алгоритму отсутствие ответа на любой из релевантных вопросов приводит к отрицательному результату тестирования (расчет аналогичен п. 1).

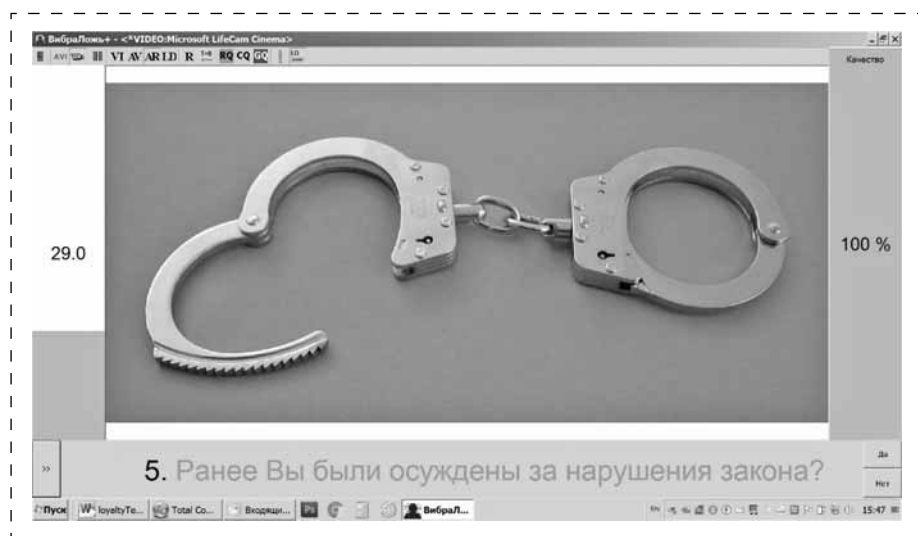


Рис. 1. Изображение и вопрос на мониторе перед испытуемым

5. Информация об изменении динамики психоэнергетической (информационно-энергетической) диаграммы испытуемого при ответе на контрольные и релевантные вопросы. Более подробно алгоритм расчета данного параметра изложен далее в разделе "Методологические возможности технологии виброизображения".

Расчет окончательного результата тестирования осуществляется автоматически с учетом всех полученных данных. В качестве базовой информации используются данные расчета метода 5. Результаты первых четырех оценок изменяют числовое значение реакции на релевантные вопросы $sRr^{(5)}$, полученное по п. 5 в соответствии со следующей формулой:

$$sRr = sRr^{(5)} + 0,1sRr^{(5)} \left(\sum_1^4 NDI - \sum_1^4 DI \right).$$

Окончательный результат психофизиологического тестирования определяется в соответствии со следующими условиями:

NDI: $sRr - sRc > 0$ или

NDI: $sRr > 0$

DI: $sRr - sRc < 0$

INC: $0,01 < sRr - sRc < 0,01$

В качестве дополнительной используется следующая информация, полученная по результатам тестирования:

— информация о качестве получаемого изображения; при показателе качества ниже 80 % результат теста считается недостоверным;

— стандартная информация по ответу на опросник в виде ДА или НЕТ; по установленному алгоритму ответ ДА на любой из релевантных вопросов приводит к отрицательному результату тестирования.

Наиболее значимой информацией при обработке результатов тестирования является сравнительная информация при ответе на релевантные и контрольные вопросы, полученная по технологии виброизображения. Поток анализируемой по технологии виброизображения информации превышает 10 Мб/с, что значительно превосходит количество информации, анализируемой по технологии контактного полиграфа; стимулы и вопросы для тестирования оператор может выбирать сам.

Методологические возможности технологии виброизображения

Основным преимуществом технологии виброизображения является то, что она дополнительно к временным зависимостям физиологических

параметров позволяет получать многомерные психофизиологические зависимости. Анализ временных и пространственных параметров микродвижений головы имеет свои шаблоны для любых изменений эмоций и психофизиологического состояния.

Физический подход к человеку, как к сложной кибернетической системе, можно выразить, отобразив любое изменение ПФС человека в простейшей Декартовой или прямоугольной системе координат, по горизонтальной оси которой откладывается значение энергии, потребляемое человеком на данный момент времени и обычно измеряемое в ккал/мин, а по вертикальной оси — уровень психологического комфорта или настроения, который можно отразить как показатель информационного совершенства исследуемого человека.

Понимание информации в кибернетике, введенное в работах Норберта Винера [26], Клода Шеннона [27] и Николая Бернштейна [28], основано на общих закономерностях процессов управления и передачи информации в машинах, живых организмах и обществе, и, по мнению автора, незаслуженно мало используется при оценке ПФС. Так как энергия и информация являются основными и определяющими понятиями современной науки, то именно этими величинами необходимо характеризовать ПФС человека как сложной кибернетической системы.

Если с точки зрения измерения выделяемой человеком энергии все достаточно просто и понятно, так как кроме технологии виброизображения существует множество других методов измерения выделяемой человеком энергии, то задача определения информационной комфортности человека совсем не проста. При этом каждый взрослый человек, на уровне самооценки, может легко сказать, насколько хорошо он себя чувствует в данный момент и насколько счастливым в данный момент он является.

Самооценку комфортности своего ПФС (или информационного совершенства) проще всего выразить в процентах, поэтому выберем проценты или относительные единицы для измерения информационной комфортности состояния человека. Уровнем 100 % или 1 обозначим состояние полного счастья или нирваны, а уровню 0 будет соответствовать смерть человека, т. е. остановка обмена информацией между физиологическими системами человека.

Актуальное ПФС может быть выражено в предложенной системе координат в виде точки, а изменение ПФС человека во времени будет выражено в виде прямой или кривой между двумя точками. Рассмотрим условный пример изменения ПФС из

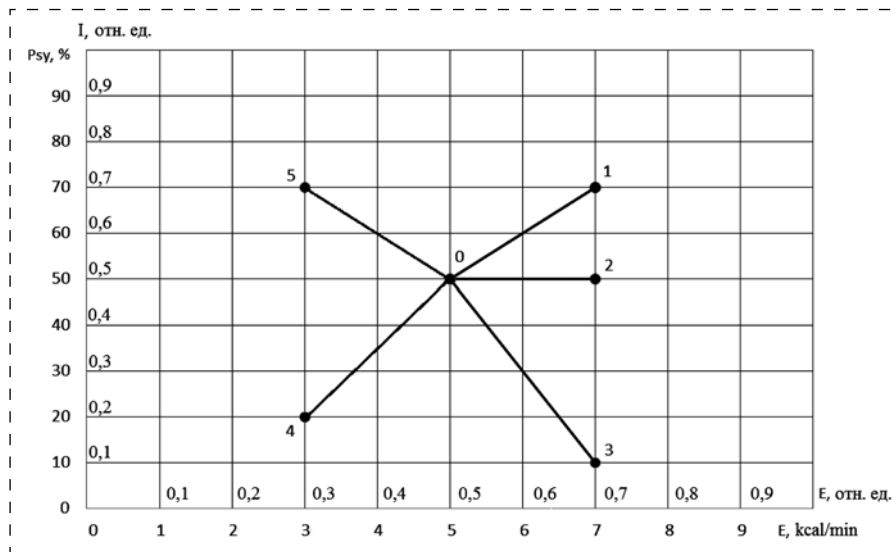


Рис. 2. Психоэнергетическая (информационно-энергетическая) диаграмма изменения ПФС

состояния 0 в различные состояния 1, 2, 3, 4, 5 (рис. 2). В приведенной на рис. 2 информационно-энергетической диаграмме переход из начального ПФС (точка 0) в другие состояния характеризуется одним изменением потребляемой энергии, но в разные состояния психологического комфорта. Кратко опишем указанные переходы ПФС.

Переход 0—1 характеризуется увеличением потребляемой энергии и улучшением психологического состояния. Причиной данного изменения ПФС может быть хорошая или приятная новость (стимул), которая приводит к более интенсивным обменным процессам (увеличение потребляемой энергии), при этом психологическое состояние и настроение заметно улучшились (уменьшилась энтропия обменных процессов, а информативность обмена выросла).

Переход 0—2 характеризуется увеличением потребляемой энергии и ровным уровнем психологического состояния. Причиной может быть, например увеличение умственной или физической активности, которые приводят к более интенсивным обменным процессам (увеличение потребляемой энергии), при этом психологическое состояние и настроение остаются без изменений, так как проведенное воздействие не вызвало эмоциональных изменений.

Переход 0—3 характеризуется увеличением потребляемой энергии и ухудшением психологического состояния. Причиной может быть неприятная информация, которая приводит к более интенсивным обменным процессам (увеличение потребляемой энергии), при этом психологическое состояние и настроение заметно ухудшились (увеличилась энтропия обменных

процессов, а информативность обмена упала).

Переход 0 — 4 характеризуется уменьшением потребляемой энергии и ухудшением психологического состояния. Причиной может быть неприятная новость, которая приводит к замедлению обменных процессов (уменьшение потребляемой энергии), при этом психологическое состояние и настроение заметно ухудшились (увеличилась энтропия обменных процессов, а информативность обмена упала).

Переход 0—5 характеризуется уменьшением потребляемой энергии и улучшением психологического состояния. Причиной может быть приятная новость, которая успокаивает и приводит

к замедлению обменных процессов (уменьшение потребляемой энергии), при этом психологическое состояние и настроение заметно улучшились (уменьшилась энтропия обменных процессов, а информативность обмена выросла).

Во всех приведенных примерах изменение потребляемой человеком энергии из состояния 0 в другое ПФС составило 2 ккал/мин, при этом каждый переход имеет свой эмоциональный и психофизиологический смысл, однако определить этот смысл по временной зависимости физиологического параметра (кожно-гальванической реакции, частоты сердечных сокращений, электроэнцефалограммы, виброизображения и т. д.) физически невозможно. Именно это делает классический полиграф искусством, зависящим от оператора, проводящего исследование, а не воспроизводимыми научными исследованиями.

Технология виброизображения позволяет получать многомерные зависимости характеристик ПФС и измерять не только изменение энергетики, но и направление этого изменения. Конечно, реальное изменение потребляемой энергии при предъявлении стимулов далеко не всегда прямолинейно, так как энергетическое потребление и психоэмоциональный комфорт являются функциями от множества факторов. Однако результат сдвига ПФС после предъявления стимула на психоэнергетической диаграмме (см. рис. 2) легко вычислять, например, с помощью алгоритма детекции лжи программы *VibraImage PRO* [23].

Сравниваются психофизиологические реакции человека при ответах на контрольные и релевантные вопросы. При ответе на вопрос ПФС человека, отражающееся на диаграмме, переходит

Пример расчета по сравнению трех групп контрольных и релевантных вопросов

Наименование вопроса	Координаты 1-й точки ПФС	Координаты 2-й точки ПФС	Изменение координаты ПФС	Результат изменения ПФС
Qc1	E1 = 0,465	E2 = 0,449	ERc = 0,016	—
	I1 = 0,603	I2 = 0,583	IRc = -0,020	—
Qr1	E1 = 0,447	E2 = 0,337	ERr = 0,110	—
	I1 = 0,578	I2 = 0,638	IRr = 0,061	—
	Rc = - 0,003	Rr = 0,171	dR = 0,174	NDI
Qc2	E1 = 0,360	E2 = 0,389	ERc = -0,029	—
	I1 = 0,565	I2 = 0,545	IRc = - 0,020	—
Qr2	E1 = 0,389	E2 = 0,377	ERr = 0,012	—
	I1 = 0,543	I2 = 0,549	IRr = 0,006	—
	Rc = - 0,049	Rr = 0,017	dR = 0,066	NDI
Qc3	E1 = 0,422	E2 = 0,422	ERc = - 0,001	—
	I1 = 0,623	I2 = 0,594	IRc = -0,029	—
Qr3	E1 = 0,419	E2 = 0,386	ERr = 0,033	—
	I1 = 0,595	I2 = 0,620	IRr = 0,025	—
	Rc = - 0,030	Rr = 0,059	dR = 0,088	NDI
IE result	sRc = - 0,082	sRr = 0,247	—	NDI

из точки с координатами E1, I1 для начального ПФС (точка 0), в соответствии с рис. 2, E1 = 0,5; I1 = 0,5) в точку с координатами E2, I2 для ПФС точки 1, в соответствии с рис. 2, E1 = 0,7; I1 = 0,7. Реакцию человека на изменение энергетического состояния ER и изменение информационного состояния IR определяют по формулам:

$$ER = E1 - E2;$$

$$IR = I2 - I1.$$

Рассмотрим ситуацию, когда опрашиваемому не понравился вопрос, он собирается ответить неправду на него. Энергетическое состояние в таком случае увеличивается, т. е. $ER < 0$, при этом психологический комфорт уменьшается, и $IR > 0$.

Сравнив сумму этих показателей для ответов на релевантные и контрольные вопросы, можно определить правдивость ответа или психоэнергетические затраты R при реакции на предъявляемые ответы или стимулы

$$R = IR + ER.$$

Если разница $Rr - Rc = dR < 0$, то человек сказал неправду (DI) или отрицательно реагировал на предъявленный стимул.

Пример подобного расчета по сравнению трех групп контрольных и релевантных вопросов приведен в таблице.

Текущий алгоритм предполагает равную значимость энергии (физики) и психологии (информации) при анализе изменения ПФС. Возможно, для решения конкретных задач следует выбирать различную значимость для указанных параметров ПФС.

Заключение

Предложенный методический подход к измерению параметров ПФС должен найти разнообразное практическое применение в области обеспечения безопасности жизнедеятельности ввиду простоты и дружелюбности к пользователю, сочетающейся с высокой точностью и предельной чувствительностью к изменению ПФС. Разработка и принятие научно обоснованных и экспериментально подтвержденных стимулов (текстового, фото и/или видео) для опросников является достаточно важным моментом для корректной практической реализации данного метода, также как и статистическое подтверждение полученных результатов.

Основной целью развития предложенной психофизиологической технологии должно быть совершенствование алгоритмов обработки сигналов виброизображения и достижение минимальных погрешностей определения ПФС в реальных условиях тестирования. Другой целью развития технологии виброизображения является расширение круга решаемых задач практического применения.

Известны подходы решить задачу измерения ПФС (детекции поведения, определения намерений, лояльности, лжи) с помощью различных бесконтактных средств мультимодальной биометрии (папиллометрии, тепловидения, лазерной доплеровской виброметрии, контролем мигания глаз, контролем движения глаз и т. д.) [29], однако сложность совмещения локальных результатов,



полученных разными методами, делает маловероятной возможность получения эффективного результата в ближайшее время [30].

Уникальность технологии виброизображения заключается в том, что она позволяет с помощью простых технических средств получать объективную и многоплановую информацию о ПФС человека за счет анатомической связи вестибулярной системы со всеми физиологическими системами человека. Именно эта физиологическая информативность сигналов, получаемых с помощью технологии виброизображения, создает основу реализации универсальных систем психофизиологического тестирования.

Предлагаемая методика позволяет оперативно проводить предварительные, периодические, повторные и предсменные психофизиологические обследования работников организаций и предприятий, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии [31].

Список литературы

1. **Тамар Г.** Основы сенсорной физиологии. — М.: Мир, 1976. — 520 с.
2. **Симонов П. В.** Мозг: эмоции, потребности, поведение // Избранные труды, том 1. — М.: Наука, 2004. — 437 с.
3. **Сеченов И. М.** Элементы мысли. — СПб.: Питер, 2001. — 416 с.
4. **Backster C.** Polygraph professionalization through technique standardization // Law and Order. — 1963. — No. 11. — P. 63—64.
5. **Podlesny J. A., Raskin D. C.** Physiological measures and the detection of deception // Psychological Bulletin. — 1977. — No. 84. P. 782—799.
6. **Raskin D. C., Honts C. R., Amato S. L., Kircher J. C.** Update: The scientific status of research on polygraph techniques: The case for the admissibility of the results of polygraph examinations. In: D. L. Faigman, D. H. Kaye, M. J. Saks, J. Sanders (Eds.) // Modern scientific evidence: The law and science of expert testimony. — 1999. — Vol. 1. Pocket Part. St. Paul, MN: West Publishing. P. 160—174.
7. **Молчанов А. Ю., Оглоблин С. И.** Инструментальная "детекция лжи". — М.: Юанс, 2004. — 464 с.
8. **Lykken D. T.** A tremor in the blood: Uses and abuses of the lie detector. — New York, NY: Plenum, 1998. — 333 p.
9. **Lykken D. T.** Psychology and the lie detection industry // American Psychologist. — 1974. — No. 29. — P. 725—739.
10. **Паспорт** проекта Федерального закона № 478780-5 "О применении полиграфа" внесен депутатами Государственной Думы ФС РФ А. Н. Волковым, М. И. Гришанковым, А. И. Гуровым, В. И. Илюхиным, А. Д. Куликовым, Э. В. Кульмухаметовым, А. М. Розуваном. Профильный комитет — Комитет по безопасности, 24.12.2010.
11. **Холодный Ю. И.** Применение полиграфа при профилактике, раскрытии и расследовании преступлений. — М., Мир безопасности, 2000. — 160 с.
12. **Павлов И. П.** Нобелевская речь, произнесенная 12 декабря 1904 г. в Стокгольме // В кн.: И. М. Сеченов, И. П. Павлов, Н. Е. Введенский. Физиология нервной системы. Избранные труды. Выпуск 1 / Под общ. редакцией академика К. М. Быкова. — М.: Медгиз, 1952. — С. 478—489.
13. **Анисимова Н. Н., Бирагов И. Л.** Правовое и техническое обеспечение профайлинга // Информост. — 2008. — № 1 (54). — С. 7—10.
14. **Experimental Testing** of Project Hostile Intent technology, Hugo Teufel III, Chief Privacy Officer of US Department of Homeland Security. Feb. 25. — 2008. 12 с.
15. **Князев В., Варламов Г.** Полиграф и его практическое применение. — М.: Принт-Центр, 2012. — 860 с.
16. **Минкин В. А.** Виброизображение. — СПб.: Реноме, 2007. — 108 с.
17. **Патент РФ** № 2187904, приоритет от 19.12.2000. Минкин В. А. и др. Способ и устройство преобразования изображения.
18. **Патент РФ** № 2289310, приоритет от 16.02.2004. Минкин В. А. и др. Способ получения информации о психофизиологическом состоянии живого объекта. Опубликовано 29.12.2006.
19. **Минкин В. А., Николаенко Н. Н.** Исследование зависимости психофизиологических характеристик человека от величины торможения вестибулярной системы методом виброизображения // Кубанский Научный Медицинский Вестник. — 2007. — № 4. — С. 23—29.
20. **Минкин В. А., Николаенко Н. Н.** Применение технологии и системы виброизображения для анализа двигательной активности и исследования функционального состояния организма // Медтехника. — 2008. — № 4. — С. 30—34.
21. **Минкин В. А., Целуйко А. В.** Практические результаты применения систем технического профайлинга для обеспечения безопасности на транспорте // Транспортное право. — 2014. — № 3. — С. 27—32.
22. **Бланк М. А., Бланк О. А., Метелёв В. В., Минкин В. А., Киселев Д. Е.** Применение технологии виброизображения для медицинской диагностики // Современное Телевидение: труды конф. — М., 2013. — С. 12—16.
23. **Описание** системы контроля психоэмоционального состояния человека VibraImage8PRO, публикации ЭЛСИС. URL: http://www.psymaker.com/downloads/VI8_1ManualRus.pdf (дата обращения 20.03.2016).
24. **ГОСТ 28953-91.** Приборы фоточувствительные с переносом заряда. Методы измерения параметров.
25. **Минкин В. А., Мартынов О. Е., Акимов В. А.** Система видеонаблюдения как средство технического профайлинга // Современное Телевидение. Труды конф. — М., 2013. — С. 17—22.
26. **Винер Н.** Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине. — М.: Советское радио, 1958. — 344 с.
27. **Шеннон К.** Работы по теории информации и кибернетике. — М.: Изд. иностр. лит., 1963. — 830 с.
28. **Бернштейн Н. А.** Очерки о физиологии движений и физиологии активности. — М., 1966. — 496 с.
29. **Nunamaker Jay F.** Deception Detection Techniques for Rapid Screening. The DHS Science Conference Fifth Annual University Network Summit. Ed. Christopher B. R. Diller. 2009. University of Arizona, National Center for Border Security and Immigration. URL: https://www.orau.gov/dhssummit/2009/presentations/March17/Panel3/Nunamaker_Mar17.pdf (дата обращения 20.03.2016).
30. **Jay F., Nunamaker Jr., Judee K.** Burgoon Interviewing and Deception Detection Techniques for Rapid Screening and Credibility Assessment, NCBSI Project, Июнь 2016, URL: <http://www.borders.arizona.edu/> (дата обращения 20.03.2016).
31. **Организация** и проведение психофизиологических обследований работников организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты в области использования атомной энергии, при прохождении работниками медицинских осмотров в медицинских организациях. ФМБА России. Методические рекомендации Р ФМБА России 2.2.9 — 2014. — 25 с.

V. A. Minkin, Deputy Director, e-mail: minkin@elsys.ru, Elsys Corp., Saint Petersburg

Comparative Psychophysiological Testing with Presentation of Audio- and Videoinformation

The article deals the possibility of technical approach to auto detection of psychophysiological personal status based on vibraimage technology. Describes examples of visual and textual requirements and incentives for testing. Gives samples of visual indication for personal psychophysiological status and lists calculation algorithms for comparison psychophysiological statuses. Suggested a new method for current psychophysiological parameters and status calculation based on two scales. Human consumption energy indicates on horizontal scale and human information (psychology) perfection indicates on vertical scale. The changes of current psycho-energy (information-energy) status synchronized with presenting different stimulus like video, photo, text or audio information are processed into the standard psychophysiological testing results as DI, NDI and INC. Was done the comparison of accuracy and advantages of standard polygraph method and vibraimage technology psychophysiological testing.

Keywords: biometrics, vibraimage, psychophysiological testing, psychophysiological parameters, psychophysiological status, NDI, DI, INC, psychology, questionnaire, loyalty, terrorism

References

1. **Tamar G.** Osnovy sensornoj fiziologii. M.: Mir, 1976. 520 p.
2. **Simonov P. V.** Mozg: jemocii, potrebnosti, povedenie. *Izbrannye trudy*. Vol. 1. Moscow: Nauka, 2004. 437 p.
3. **Sechenov I. M.** Jelementy mysli. Saint Petersburg: Piter, 2001. 416 p.
4. **Backster C.** Polygraph professionalization through technique standardization. *Lawand Order*. 1963. No. 11. P. 63–64.
5. **Podlesny J. A., Raskin D. C.** Physiological measures and the detection of deception. *Psychological Bulletin*. 1977. No. 84. P. 782–799.
6. **Raskin D. C., Honts C. R., Amato S. L., Kircher J. C.** Update: The scientific status of research on polygraph techniques: The case for the admissibility of the results of polygraph examinations. In: D. L. Faigman, D. H. Kaye, M. J. Saks, J. Sanders (Eds.). *Modern scientific evidence: The law and science of expert testimony*. 1999. Vol. 1. Pocket Part. St. Paul, MN: West Publishing. P. 160–174.
7. **Molchanov A. Ju., Ogloblin S. I.** Instrumental'naja "detekcija lzhi". Moscow: Njuans, 2004. 464 p.
8. **Lykken D. T.** A tremor in the blood: Uses and abuses of the lie detector. New York, NY: Plenum, 1998. 333 p.
9. **Lykken D. T.** Psychology and the lie detection industry. *American Psychologist*. 1974. No. 29. P. 725–739.
10. **Pasport** proekta Federal'nogo zakona No. 478780-5 "O primenenii poligrafa" vnesen deputatami Gosudarstvennoj Dumy FS RF A. N. Volkovym, M. I. Grishankovym, A. I. Gurovym, V. I. Iljuhinyam, A. D. Kulikovym, Je. V. Kul'muhametovym, A. M. Rozuvanom. Profil'nyj komitet — Komitet po bezopasnosti, 24.12.2010.
11. **Holodnyj Ju. I.** Primenenie poligrafa pri profilaktike, raskrytii i rassledovanii prestuplenij. — Moscow: Mir bezopasnosti, 2000. 160 p.
12. **Pavlov I. P.** Nobelevskaja rech', proiznesennaja 12 dekabrja 1904 g. v Stokgol'me. V kn.: I. M. Sechenov, I. P. Pavlov, N. E. Vvedenskij. *Fiziologija nervnoj sistemy. Izbrannye trudy*. Vypusk 1. Pod obshej redakciej K. M. Bykova. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo medicinskoj literatury, 1952. P. 478–489.
13. **Anisimova N. N., Biragov I. L.** Pravovoe i tehnickoe obezpechenie profajlinga. *Informost*. 2008. No. 1 (54). P. 7–10.
14. **Experimental Testing** of Project Hostile Intent technology, Hugo Teufel III, Chief Privacy Officer of US Department of Homeland Security, Feb. 25, 2008. 12 p.
15. **Knjazev V., Varlamov G.** Poligraf i ego prakticheskoe primenenie. Moscow: Print-Centr, 2012. 860 p.
16. **Minkin V. A.** Vibrozobrazhenie. Saint Petersburg: Renome, 2007. 108 p.
17. **Patent RF** No. 2187904, prioritet ot 19.12.2000. Minkin V. A. etc. Sposob i ustrojstvo preobrazovanija izobrazhenija.
18. **Patent RF** No. 2289310, prioritet ot 16.02.2004. Minkin V. A. i dr. Sposob poluchenija informacii o psihofiziologicheskom sostojanii zhivogo ob#ekta. Opublikovano 29.12.2006.
19. **Minkin V. A., Nikolaenko N. N.** Issledovanie zavisimosti psihofiziologicheskikh harakteristik cheloveka ot velichiny tormozhenija vestibuljarnoj sistemy metodom vibrozobrazhenija. *Kubanskij Nauchnyj Medicinskij Vestnik*. 2007. No. 4. P. 23–29.
20. **Minkin V. A., Nikolaenko N. N.** Primenenie tehnologii i sistemy vibrozobrazhenija dlja analiza dvigatel'noj aktivnosti i issledovanija funkcional'nogo sostojanija organizma. *Med-tehnika*. 2008. No. 4. P. 30–34.
21. **Minkin V. A., Celujko A. V.** Prakticheskie rezul'taty primenenija sistem tehnickeskogo profajlinga dlja obezpechenija bezopasnosti na transporte. *Transportnoe pravo*. 2014. No. 3. P. 27–32.
22. **Blank M. A., Blank O. A., Metel'ov V. V., Minkin V. A., Kiselev D. E.** Primenenie tehnologii vibrozobrazhenija dlja medicinskoj diagnostiki. *Sovremennoe Televidenie: trudy konferenzii*. Moscow, 2013. P. 12–16.
23. **Opisanie** sistemy kontrolja psihojemocional'nogo sostojanija cheloveka Vibralmage8PRO, publikacii ELSYS, 2015. URL: http://www.psymaker.com/downloads/VI8_1ManualRus.pdf (data accessed 20.03.2016).
24. **GOST 28953–91.** Pribory fotochuvstvitel'nye s perenosom zarjada. Metody izmerenija parametrov.
25. **Minkin V. A., Martynov O. E., Akimov V. A.** Sistema videonabljudenija kak sredstvo tehnickeskogo profajlinga. *Sovremennoe Televidenie, trudy konferenzii*. Moscow, 2013. P. 17–22.
26. **Viner N.** Kibernetika, ili Upravlenie i svjaz' v zhivotnom i mashine. Moscow: Sovetskoe radio, 1958. 344 p.
27. **Shannon K.** Raboty po teorii informacii i kibernetike. Moscow: Izdstel'stvo inostrannoj literatury, 1963. 830 p.
28. **Bernshhtejn N. A.** Oчерki o fiziologii dvizhenij i fiziologii aktivnosti. Moscow, 1966. 496 p.
29. **Nunamaker, Jr. F.** Deception Detection Techniques for Rapid Screening. The DHS Science Conference Fifth Annual University Network Summit. Ed. Christopher B. R. Diller. 2009. University of Arizona, National Center for Border Security and Immigration. URL: https://www.orau.gov/dhsummit/2009/presentations/March17/Panel3/Nunamaker_Mar17.pdf (data accessed 20.03.2016).
30. **Jay F. Nunamaker Jr., Judee K.** Burgoon Interviewing and Deception Detection Techniques for Rapid Screening and Credibility Assessment, NCBSI Project, URL: <http://www.borders.arizona.edu/> (data accessed 20.03.2016).
31. **Organizacija** i provedenie psihofiziologicheskikh obsledovanij rabotnikov organizacij, jekspluatirujushih osobu radiacionno opasnye i jaderno opasnye proizvodstva i ob#ekty v oblasti ispol'zovanija atomnoj jenergii, pri prohozhdenii rabotnikami medicinskih osmotrov v medicinskih organizacijah. FMBA Russia, Metodicheskie rekomendacii R FMBA Russia 2.2.9 — 2014. 25 p.

УДК 551.8 + 930.26

Г. А. Халилов, д-р геогр. наук, гл. науч. сотр., Институт географии им. Г. А. Алиева Национальной Академии Наук Азербайджана, Баку, Азербайджанская Республика, **М. Г. Алмамедли**, ст. преп., e-mail: tircan15@mail.ru, Сумгаитский государственный университет, Сумгаит, Азербайджанская Республика

Применение морфометрического метода при экогеоморфологической оценке рельефа Талышской горной системы

Отмечено, что количественные морфометрические показатели рельефа являются наиболее наглядными индикаторами геодинамических условий развития и функционирования горных экосистем, благодаря чему метод морфометрического анализа рельефа приобретает важную роль в современных экогеоморфологических исследованиях. Согласно данному положению в целях экогеоморфологической оценки рельефа Талышской горной системы с использованием методов ГИС-технологии и морфометрического анализа крупномасштабных топографических карт определены и приведены количественные показатели горизонтального и вертикального расчленений рельефа, на основе которых и составлены соответствующие картосхемы.

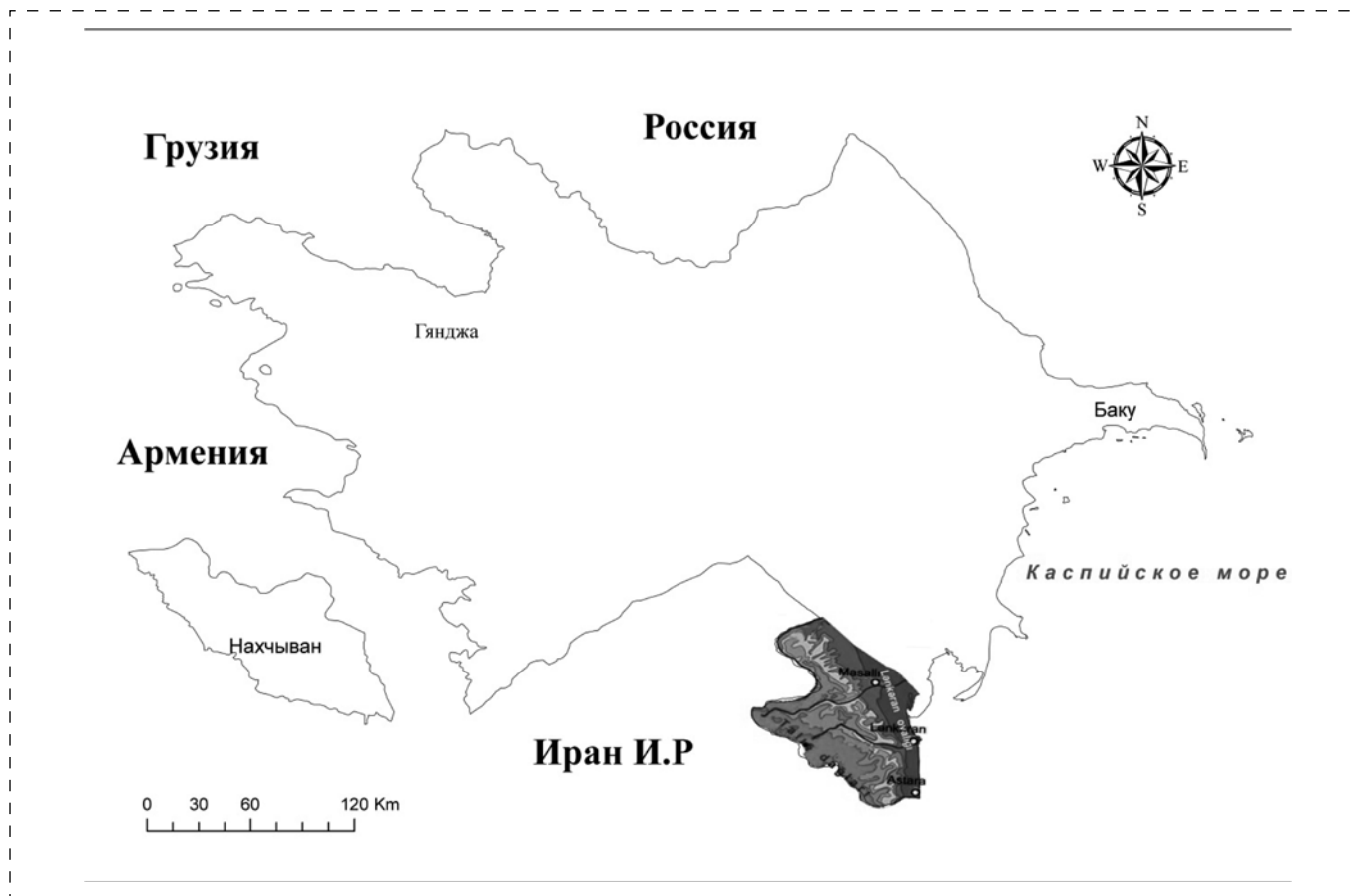
Ключевые слова: морфометрия, рельеф, экосистема, глубина, густота, расчленение, уклон склонов, динамика, экогеоморфология, напряженность

Введение

Талышская складчато-глыбовая горная система представляет собой крупную геоморфологическую единицу и расположена на юго-востоке Азербайджанской Республики на западном побережье Каспийского моря (см. рисунок). Она, согласно геоморфологическому районированию Кавказского перешейка, выделяется в ранге геоморфологической области в Малокавказской геоморфологической провинции страны Переднекавказских нагорий [1]. В схеме же геоморфологического районирования территории Азербайджана, в пределах области Талышских гор выделяются Буроварский, Ярдымлинский, Пештасарский, Зувандский и собственно Талышский геоморфологические районы [2]. Морфоструктуры Талышской области в целом и ее геоморфологические районы в частности тесно связаны с организующими их структурами тектонических зон Астаринского поднятия, Лерик-Ярдымлинского прогиба, Буроварского поднятия и Джалилабадского прогиба. При этом, согласно схеме тектонического районирования Азербайджана, Талышская складчатая мегазона представляет палеорифт, наложенный на северную окраину меловой вулканической дуги южного края Южнокавказской микроплиты [3, 4].

Согласно исследованиям [5] в региональном плане Астаринскому поднятию, сложенному вулканогенно-осадочными породами верхнего мела — палеоцена, вулканогенными породами эоцена, соответствует Талышский горст-антиклинорный хребет, который осложняется второстепенными морфоструктурами, такими как Госмальянская и Дыманская тектоно-магматические (кальдерные) котловины и Кемюркейская куполовидная возвышенность. Лерик-Ярдымлинскому прогибу, сложенному вулканогенно-осадочными породами верхнего эоцена, в современном рельефе соответствует Пештасарский хребет, а по юго-западному борту прогиба — Ярдымлинская синклиорная внутригорная котловина. Буроварскому поднятию, сложенному туфогенно-осадочными породами верхнего эоцена, соответствует одноименный горст-антиклинорный хребет. Джалилабадскому прогибу, сложенному глинисто-песчаными отложениями миоцена, соответствуют предгорные аккумулятивные равнины.

Сложность и разнообразие литолого-структурных факторов и организованных ими морфоструктур исследуемой территории предопределили адекватную характеристику вертикального и горизонтального расчленения ее современного рельефа.



Талышская горная система (выделенный участок)

Объект и методика исследований. Следует отметить, что с морфолого-морфогенетическими особенностями и структурно-литолого-фациальными характеристиками субстрата и другими статистическо-динамическими параметрами рельефа морфометрические показатели, как более достоверные информационные носители о функционировании морфосистем, играют важную роль при экогеоморфологической оценке территории [6]. Согласно данной парадигме в комплексе морфометрических характеристик рельефа рассматривались лишь показатели глубины (вертикального) и густоты (горизонтального) расчленения рельефа исследуемой территории общей площадью свыше 3496,58 км². С этой целью были использованы методы ГИС-технологий, а также крупномасштабные топографические карты в масштабе 1:100 000.

Анализ показателей густоты и глубины расчленения рельефа показывает, что по особенностям пространственного распределения интенсивности их показателей исследуемая территория значительно отличается от горных систем Малого и Большого Кавказа.

Горизонтальное расчленение. Определяемые соотношением суммарной длины (L) эрозионной сети долин рек, оврагов, балок и других линейных эрозионных форм к площади их развития (S) величины горизонтального расчленения (K) в пределах исследуемой территории ($K = L/S$) изменяются от 0 до 3 км/км² и выше. На основе полученных данных степень интенсивности горизонтального расчленения подразделяется на три условные категории: очень слабая (от 0 до 0,5 км/км²), слабая (от 0,5 до 1 км/км²), средняя (от 1 до 1,5 км/км²), высокая (от 1,5 до 2 км/км²) и очень высокая (выше 2 км/км²).

Вертикальное расчленение. Величины вертикального расчленения (N) были вычислены согласно разностям максимальных (H_1) и минимальных (H_2) значений ($N = H_1 - H_2$) гипсометрических высот по каждой ячейке на крупномасштабных топографических картах исследуемой территории (табл. 1). При этом глубина расчленения по степени также подразделяется на пять условных категорий: очень слабая (от 0 до 200 м), слабая (от 200 до 400 м), средняя (от 400 до 800 м), высокая (от 800 до 1200 м) и очень высокая



Таблица 1

Показатель глубины (вертикального) расчленения

Глубина расчленения, м	Площадь распространения		Степень расчленения
	км ²	%	
0...200	253,35	7,24	Очень слабая
200...400	1124,07	32,15	Слабая
400...600	1086,32	31,07	Средняя
600...800	641,72	18,35	
800...1000	243,73	6,97	Высокая
1000...1200	110,01	3,15	
Более 1200	37,38	1,07	Очень высокая
<i>Общая</i>	3496,58	100	

(выше 1200 м). Согласно данной градации степени расчленения в площадном и процентном отношениях к общей площади исследуемой территории распределяются следующим образом: очень слабая расчлененность — 253,35 км² (7,24 %), слабая — 1124,07 км² (32,15 %), средняя — 1728,04 км² (49,42 %), высокая — 353,74 км² (10,12 %) и очень высокая — 37,38 км² (1,07 %).

Количественные параметры интенсивности глубины (вертикального) расчленения склонов (табл. 2) и соотношения глубины вертикального (см. табл. 1) расчленения рельефа исследуемой

территории отражают неравномерный характер пространственного распространения их величин, что и обуславливает различную степень экогеоморфологической напряженности морфосистем. Об этом также свидетельствуют результаты совмещенного анализа морфометрических данных (табл. 3).

Из табл. 3 видно, что неадекватность влияния густоты и глубины расчленения на экогеоморфологическую напряженность связана с тем, что равноценные по степени (например, слабой категории) их ареалы охватывают неравноценные по площади территории. Так, между площадями по густоте и глубине расчленения одинаковой степени интенсивности имеется обратная корреляция, т. е. при меньшей площади по густоте расчленения увеличивается площадь по глубине расчленения и наоборот. Кроме того, в случае слабой степени (категории) густоты и глубины расчленения площадь первого имеет меньшую территорию, чем второго, а при средней и высокой — наоборот. Отсюда следует, что экогеоморфологическая напряженность в определенной мере контролируется степенью густоты и глубины расчленения рельефа.

В заключение следует отметить, что поскольку при определении экогеоморфологической напряженности исследуемой территории были использованы результаты морфометрического анализа и ограничивались лишь данные по густоте и

Таблица 2

Показатели степени расчлененности склонов бассейнов рек Талыша

№ п/п	Речные бассейны	Показатели площадей склонов, км ² , с соответствующими глубинами (вертикального) расчленения склонов, м							Итого
		0...200	200...400	400...600	600...800	800...1000	1000...1200	1200 и более	
1	Борадигях	24,84	18,94	61,5	—	—	—	—	105,28
2	Гирдамчай	26,35	12,0	—	—	—	—	—	38,35
3	Гейтепчай	30,47	44,86	30,23	15,23	—	—	—	120,79
4	Хатамчай	3,5	1,01	5,83	14,54	—	—	—	24,88
5	Астарачай	—	11,24	68,55	20,69	18,13	2,71	2,80	124,12
6	Боладычай	—	54,63	34,06	20,17	—	—	—	108,86
7	Болгарчай	16,68	240,41	42,51	—	—	—	—	307,60
8	Тенгеруд	0,86	44,77	57,60	32,94	35,33	14,54	13,04	206,08
9	Виравулчай	11,21	24,58	13,97	20,09	—	—	—	69,85
10	Инджичай	6,73	79,17	24,03	—	—	—	—	109,93
11	Кораярчай	29,36	48,63	17,71	—	—	—	—	95,70
12	Ленкоранчай	21,0	255,49	385,23	265,36	123,01	48,41	—	1098,50
13	Мишарчай	49,09	52,81	10,47	23,64	—	—	—	136,01
14	Гараалача	—	—	14,46	—	—	—	—	14,46
15	Язарухчай	18,88	18,88	4,60	2,94	—	—	—	45,30
16	Вилешчай	13,21	175,89	264,88	197,04	64,78	44,35	21,54	781,69
17	Силару	1,17	6,36	13,29	7,08	2,48	—	—	30,38
18	Моталачай	—	26,4	37,4	15,0	—	—	—	78,8
Всего		253,35	1124,07	1086,32	641,72	243,73	110,01	37,38	3496,58

Экогеоморфологическая напряженность по глубине и густоте расчленения

Степень экологической напряженности	Площадь по густоте расчленения		Площадь по глубине расчленения		Среднее значение площади по глубине и густоте расчленения	
	км ²	%	км ²	%	км ²	%
Очень слабая	1798,58	51,44	253,35	7,24	1025,96	29,34
Слабая	932,02	26,66	1124,07	32,15	1028,05	29,40
Средняя	548,08	15,67	1728,04	49,42	1138,06	32,55
Высокая	155,20	4,44	353,74	10,12	254,47	7,28
Очень высокая	62,70	1,79	37,38	1,07	50,04	1,43
Общая	3496,58	100	3496,58	100	3496,58	100

глубине расчленения рельефа, то естественно, что сделанные выводы не являются окончательными. Вместе с тем введение в анализ других, главным образом, антропогенных факторов, влияющих на экогеоморфологическую напряженность, безусловно, изменит ситуацию. В то же время результаты проведенных в данном аспекте экогеоморфологических исследований имеют большое значение для решения других прикладных и методологических вопросов геоморфологии.

Список литературы

1. Антонов Б. А., Мусейбов М. А., Сафронов И. Н., Ширинов Н. Ш. Геоморфологическое районирование Кавказа

// Региональная геоморфология Кавказа. — М.: Наука, 1979. — С. 5—7.

2. Будагов Б. А. Рельеф // Национальная Энциклопедия Азербайджана. — Баку. — 2012. — С. 14—25.
3. Гаджиев В. Д. Палеогеоморфология областей мезокайнозойского вулканизма Нахчывана и Талыша. — Баку, 1999. — 194 с.
4. Кенгерли Т. Н. Тектоническое районирование // Геология Азербайджана, том IV. Тектоника. — Баку, 2005. — С. 32—42.
5. Курбанов Т. Р. История развития и закономерности формирования морфоструктур Талыша // Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. — Баку, 1999. — 27 с.
6. Халилов Г. А., Абушова С. Н. Морфометрический метод экогеоморфологической оценки рельефа Азербайджанской Республики (на примере междуречья Храми-Зайам) // Географический вестник. Пермский Государственный Университет. 2014. — № 4 (31). — С. 17—21.

H. A. Khalilov, Chief Researcher, Institute of Geography named after H. A. Aliyev of National Academy of Sciences of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan, M. G. Almammadli, Senior Lecturer, e-mail: tircan15@mail.ru, Sumgait State University, Sumgait, Azerbaijan

Using of Morphometrical Methods During Ecogeomorphological Estimation of Relief of Talysh Mountain System

Morphometric parameters have an important role in the study of environment forming functions of the relief. Based of the nature of this paradigm from the complex of morphometric parameters the analyzes of horizontal and vertical dissections of the relief is given on the example of Talysh which presents in this respect a great interest. For this purpose, on the basis of 1:100 000 scale topographic maps calculation of horizontal and vertical dissection is made and relevant maps and tables are complied.

Keywords: morphometry, relief, ecosystem, depth, thickness, dismemberment, bias of slopes, dynamics, eco geomorphology, tension

References

1. Antonov B. A., Museibov M. A., Safronov I. N., Shirinov N. Sh. Geomorfologicheskoe rajonirovanie Kavkaza: Regionalnaja geomorfologija Kavkaza. Moscow: Nauka, 1979. P. 5—7.
2. Budagov B. A. Relyef: Nacionalnaja Jenciklopedija Azerbajdzhana. Baku, 2012. P. 14—25.
3. Gadzhiev V. D. Paleogeomorfologija oblastej mezokajnozjского вулканизма Nahchyvana i Talysha. Baku, 1999. 194 p.

4. Kengerli T. N. Tektonicheskoe rajonirovanie. *Geologija Azerbajdzhana*. V. IV. Tektonika. Baku, 2005. P. 32—42.
5. Kurbanov T. R. Istorija razvitija i zakonovernosti formirovanija morfostruktur Talysha. Avto-ref. diss. na soisk. uch. step. kand. geogr. nauk. Baku, 1999. 27 p.
6. Halilov G. A., Abushova S. N. Morfometricheskij metod jekogeomorfologicheskoy ocenki relyefa Azerbajdzhanskoj Respubliki (na primere mezhdurechja Hrami-Zajam). *Geograficheskij vestnik*. Permskij Gosudarstvennyj Universitet. 2014. No. 4 (31). P. 17—21.



УДК 553:504

И. Д. Алборов, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, e-mail: ekoskgmi@rambler.ru,
Ф. Г. Тедеева, канд. техн. наук, проф. кафедры,
Е. А. Гриднев, канд. техн. наук, доц. кафедры, Северо-Кавказский
горно-металлургический институт (Государственный технологический
университет), Владикавказ

Проблемы водоснабжения населения в техногенной зоне и пути их решения

В статье изложены результаты санитарно-экологического обследования состояния основных водозаборов питьевого водоснабжения в Республике Северная Осетия — Алания. Приведена эксплуатационная характеристика источников водозаборов, данные о санитарном состоянии зон санитарной охраны, оснащении скважинных водозаборов приборами контроля, режиме контроля источников и обезвреживании подаваемой населению воды, технологии процесса обезвреживания.

Показаны основные параметры действующих источников водоснабжения населенных пунктов, групповых систем водоснабжения, даны архитектурно-планировочные и организационные решения по обеспечению надлежащих требований по их эксплуатации в неблагоприятных метеорологических условиях.

Перечислены наиболее частые нарушения правил обустройства водозаборов, приведшие к массовым заболеваниям населения Алагирского района. Даны рекомендации по устранению критических отклонений по эксплуатации водозаборов, способных привести к нарушениям с непредсказуемыми последствиями, вплоть до бактериологического загрязнения питьевой воды, подаваемой населению.

Ключевые слова: водозабор, скважинный водозабор, каптаж, зона санитарной охраны, химический анализ, бактериологический анализ, санитарные правила, талая вода

Цель работы. Исследование зон санитарной охраны водозаборов питьевой воды и установление соответствия эксплуатируемых источников питьевого водоснабжения в Республике Северная Осетия — Алания действующим санитарно-гигиеническим и экологическим требованиям.

Методы исследования. Анализ действующей системы контроля качества добываемой из недр воды, ее соответствие принятым стандартам и требованиям, регламенту опробования вод источников водоснабжения населения, принятых в России. Проведение анализа журналов регистрации качества питьевой воды на точках мониторинга источников водоснабжения (на скважинах и каптажных водозаборных сооружениях) за последний год.

Порядок выполнения исследований. Изучение в камеральных условиях проектно-исследовательских данных по всем источникам водозаборов на территории Республики, выявление факторов их эпидемиологической уязвимости на уровне проектных решений. Цель полевых исследований — проверка соответствия принятых проектных решений реальному состоянию на территории зон санитарной охраны (ЗСО) источников водозабора, их обустройство и порядок водоподготовки, способ обезвреживания воды перед подачей

к потребителям; соответствие аппаратуры, используемой для отбора проб воды на скважинах и каптажных сооружениях, реестру, утвержденному для этой цели, метрологическое соответствие на период использования аппаратуры и реагентов и другое.

Общая характеристика поверхностных и подземных источников водоснабжения Республики Северная Осетия — Алания

К основным рекам Осетии относятся Терек, Фиагдон, Ардон, Урух и их притоки — Гизельдон, Геналдон и др. Они питаются талыми водами ледников и вечных снегов Главного и Бокового Кавказского хребта. Бассейны этих рек имеют значительные площади оледенения, что определяет ярко выраженный режим их стока с длительным зимним маловодьем и высокими летними паводками.

Горные реки, стекающие с северных склонов Лесистого хребта, питаются грунтовыми водами и родниками, поэтому их сток сглажен, благодаря значительному удельному весу атмосферного и грунтового питания. Республика Северная Осетия — Алания (РСО — Алания) является одним из самых богатых субъектов Российской

Федерации по наличию источников подземных вод. Общая величина их прогнозных запасов составляет 2200 тыс. м³/сутки, а эксплуатационные запасы — 1735 тыс. м³/сутки [1].

Северная Осетия щедро наделена водными ресурсами, поэтому обладает высокой густотой речной сети. Разумно использовать этот дар природы и сохранить его для последующих поколений не только обязанность соответствующих структур и всех водных потребителей, но и долг каждого гражданина Республики. Особого внимания на сегодняшний день требует проблема загрязнения речных пойм и водоохраных зон рек возле населенных пунктов и в местах отдыха населения. Отсутствие надлежащих устройств и оборудования для организации культурного отдыха населения на берегах рек приводит к скоплению твердых бытовых отходов, их разложению, что способствует появлению микробов и насекомых, различных паразитарных и других заболеваний, неприятных запахов. В целом, такая обстановка в доступных для отдыха населения местах, по берегам малых рек приводит к ухудшению санитарно-экологической характеристики водного бассейна реки Терек, создает угрозу загрязнения подземных и поверхностных источников водоснабжения населения.

На территории РСО — Алания используются 12 месторождений подземных пресных вод, на которых эксплуатируются 127 источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, обеспечивающих населенные пункты. Правила и режим хозяйственного использования территорий зон санитарной охраны источников питьевого водоснабжения регламентируются требованиями СанПиН 2.1.4.1110-02 "Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения".

В результате полевых исследований всех водозаборов РСО — Алания было установлено, что 13 водозаборов не отвечают нормативным требованиям из-за отсутствия I пояса ЗСО — зоны строгого режима; 14 — не имеют ограждения и это позволяет проходить как посторонним лицам, так и животным на режимную территорию, что недопустимо по санитарно-нормативным требованиям.

Сложившаяся ситуация на территориях указанных жизненно важных объектов делает их легко уязвимыми для различного рода негативных антропогенных и природных факторов, способных значительно ухудшить качество воды и привести к непредсказуемым бактериологическим и другим последствиям, вплоть до заражения и развития массовых заболеваний или отравлений населения, пользующегося этими водными источниками.

Анализируя деятельность по эксплуатации источников водозабора (по журналам наблюдений), следует отметить, что эксплуатирующими организациями не всегда и не в полном объеме выполняются требования установленных санитарных норм и правил. В качестве примера можно рассмотреть наиболее крупные водозаборы на территории Республики.

Водоснабжение г. Владикавказа питьевой водой

Система водоснабжения г. Владикавказа была создана специалистами из Бельгии в конце XIX века. На сегодняшний день население г. Владикавказа обеспечивают водой водозаборы: Редантский и Чернореченский (рис. 1), Балтинский и Длиннодолинский (рис. 2), расположенные в 8...10 км от черты города в его южной части, по обе стороны реки Терек. Все они относятся к Орджоникидзевскому месторождению подземных пресных вод.

Первые три водозабора являются скважинными, а Длиннодолинский — каптажным. Разрешенный объем добычи из Орджоникидзевского месторождения пресных подземных вод, по заключению ГКЗ, составляет 280 тыс. м³/сут или 102,2 млн м³/год.

Распределение добычи осуществляется согласно действующей лицензии следующим образом:

— Редантский скважинный водозабор (60 скв.) — 210 тыс. м³/сут;

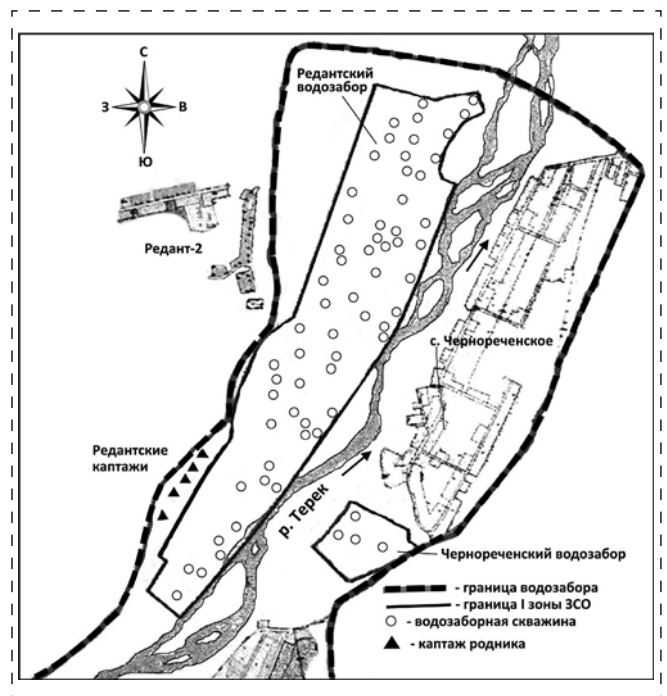


Рис. 1. План-схема Владикавказского водозабора, северная часть (Редантский и Чернореченский водозаборы)

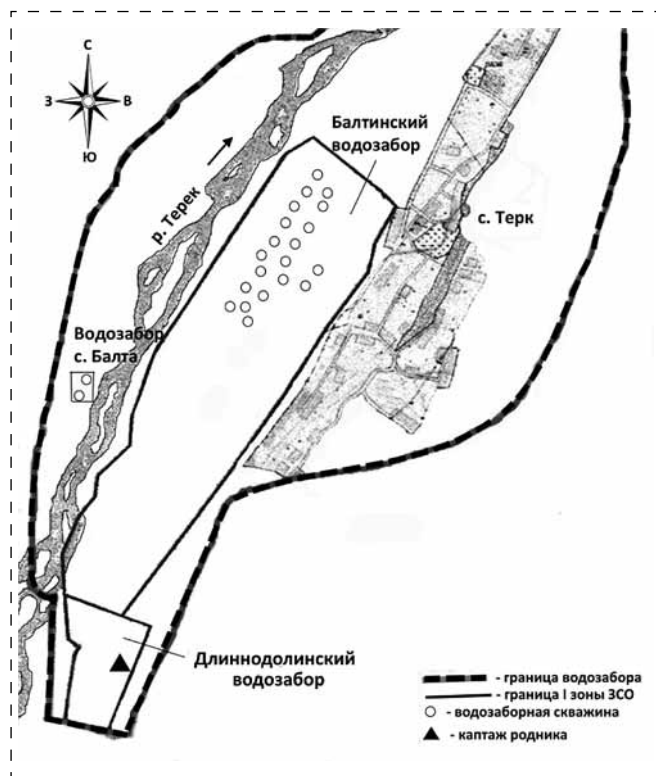


Рис. 2. План-схема Владикавказского водозабора, южная часть (Балтинский и Длиннодолинский водозаборы)

- Чернореченский скважинный водозабор (4 скв.) — 6,38 тыс. м³/сут;
- Балтинский скважинный водозабор (20 скв.) — 40 тыс. м³/сут.;
- Длиннодолинский водозабор (каптажный) — 13 тыс. м³/сут.

В лицензию также включены два водозабора населенных пунктов, входящих в городской округ г. Владикавказа:

- водозабор с. Балта (2 скв.) — 0,38 тыс. м³/сут;
- водозабор с. Чми (1 скв.) — 0,24 тыс. м³/сут.

Территория I пояса ЗСО водозаборных сооружений МУП "Владикавказские водопроводные сети" не спланирована для отвода поверхностных стоков за ее пределы; отсутствуют ограждения I пояса ЗСО на Длиннодолинском водозаборе; отсутствуют ограждения с южной стороны и со стороны р. Терек на Балтинском водозаборе; разрушено ограждение Редантского водозабора, что допускает проход бесхозного скота на его территорию.

На большинстве скважинных водозаборов отсутствуют приборы учета расхода извлекаемой из недр воды. Такое отсутствие достоверного учета добываемой воды может привести к крайне негативным последствиям вследствие истощения месторождения [3].

Следует отметить также, что на состояние Длиннодолинского каптажного водозабора,

в отличие от скважинных водозаборов, существенное влияние оказывают факторы внешней среды. Имеется в виду показатель фильтрационных параметров грунтов зоны аэрации и зоны насыщения при большой водосборной площади. При этом состояние водозабора в значительной степени зависит от таких климатических параметров, как количество солнечных дней, количество атмосферных осадков, температура воздуха и др. То есть для каждого сезона года характерно определенное качество воды каптажно-дренажного водозабора, и в первую очередь показатель ее мутности, особенно, в меженный период. В этих условиях дезинфекция воды, подаваемой из такого водоисточника, бесспорно, является обязательным мероприятием для безопасного водоснабжения населения, а таковое не предусмотрено организацией, эксплуатирующей каптажи.

Кроме того, здесь же было выявлено, что контроль качества воды проводится не в полном объеме, а лабораторный контроль по остаточному хлору после дезинфекции не обеспечивается в срок. В период обследования водозабора обеззараживание воды проводилось методом ввода хлорной извести в оголовки эксплуатируемой скважины. В населенных пунктах (с. Балта, с. Чми, с. Редан-2) одиночные скважины приборами учета воды вообще не оснащены и имеют лишь сетчатое ограждение. При этом охрана отсутствует и нет ночного освещения.

Существенную угрозу подземным водозаборам Орджоникидзевского месторождения представляет поверхностный сток. Он формирует запасы подземных вод на территориях, выходящих за пределы государственной границы Российской Федерации.

В пределах РСО — Алания, на территории ЗСО, в частности, в контурах, очерчивающих границы ЗСО строгого режима всего месторождения, согласно ранее принятым решениям Правительства Республики Северная Осетия — Алания, были выполнены мероприятия по ликвидации жилых и хозяйственных застроек в селах Редант-2, Терк, Чернореченское и Балта. Эти мероприятия позволили ликвидировать ранее имевшие место нарушения природоохранного законодательства. Но наряду с этим остались все еще неспланированными территории бывших хозяйственных построек и не снесены длинностольные деревья.

Ранее, в период СССР, на сопредельных с РСО — Алания территориях, в том числе Республики Ингушетия и Республики Грузия (ныне — за пределами государственной границы РФ), режим хозяйственного использования ЗСО Орджоникидзевского месторождения подземных

вод регламентировался соответствующими правительственными документами этих республик.

В настоящее время режим хозяйственного использования ЗСО Орджоникидзевского месторождения подземных пресных вод определяется охранными мероприятиями для всех трех зон в соответствии с разработанным проектом. Это позволит обеспечить сохранность эксплуатируемого водоносного горизонта при условии соблюдения технологии добычи подземных вод.

Водоснабжение г. Алагир и селений Алагирского района питьевой водой

Река Ардон — крупная водная артерия, являющаяся главным источником питания скважинных водозаборов г. Алагир (население около 20 тыс. человек), расположенного в Алагирском ущелье РСО — Алания. Поэтому от качества воды в реке во многом зависит качество питьевой воды, потребляемой населением города. Наряду с этим, вверх по течению реки Ардон, в 27 км от скважинного водозабора "Южный" г. Алагир, расположен пос. Мизур (население 2883 человек), канализационные сооружения которого разрушены в результате паводков в 2002 г., а в 23 км от г. Алагир, в пойме реки Ардон, на террасе расположено хвостохранилище Мизурской обогатительной фабрики, стоки которого сбрасываются в упомянутую реку Ардон.

Эти стоки содержат компоненты обогащаемой свинцово-цинковой руды и реактивы, используемые для обогатительного процесса, т. е. токсичные и вредные соединения, включая кадмий, цинк, свинец, ртуть, мышьяк и пр. Кроме того, в 3 км выше по течению от водозабора "Южный" в с. Тамиск расположены курортно-профилактические санатории (для детей и взрослых), сброс сточных вод от которых осуществляется в реку Ардон без очистки и обеззараживания. Следует отметить, что расстояние между рекой Ардон и скважинными источниками водозабора "Южный" не превышает 100 м.

Большинство из 13 источников водоснабжения населенных пунктов Алагирского района в общей сложности эксплуатируются, не имея проектов ЗСО.

Состояние всех водозаборов эксплуатируемых ООО "Коммунальные ресурсы" Алагирского района не соответствуют требованиям СанПиН [2]. Каптажные и одиночные водозаборы не охраняются, отсутствует у эксплуатационников обязательное санитарно-эпидемиологическое заключение на использование водоисточников для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Территории I пояса ЗСО выделены условно, не

благоустроены, требуемый режим эксплуатации не соблюдается. Обеззараживание воды на водозаборах осуществляется бессистемно маточным раствором хлорной извести путем его введения в оголовки эксплуатируемых скважин. Применение раствора хлорной извести для обеззараживания воды и лабораторный контроль остаточного хлора в ней не проводится.

Действующая система водоснабжения г. Алагир такова, что часть подаваемой воды смешивается с водой из водозабора "Южный", часть воды без обеззараживания подается потребителям, а часть поступает в резервуар с обеззараживающей электролизной установкой СПЭ-8 объемом 2000 м³. Обеззараживающий компонент подается непосредственно в поток подаваемой воды, а не в накопительный резервуар (накопление воды в котором не осуществляется), где должно происходить его смешивание с водой с целью ее дезинфекции. Таким образом, необходимое время контакта воды и компонента не выдерживается.

Программа отбора и анализа качества добываемой питьевой воды выполняется лишь частично и аналитическая лаборатория не полностью аккредитована. Продолжительное время качество питьевой воды оценивалось только по органолептическим и обобщенным показателям. Практически повсеместно отсутствует установленное санитарными правилами опробование подземных вод [3] на химический состав. Из этого следует, что для обеспечения безопасности населения необходимо, по возможности, исключить из технологии водоснабжения субъективный человеческий фактор, используя современные высокоэффективные средства контроля.

По имеющимся данным, качество воды, добываемое действующими водозаборными сооружениями, равно как и качество мероприятий по оптимизации водоснабжения рассматриваемого района, оценивались нерегулярно и поверхностно, что и привело, в конечном итоге, к тяжелым последствиям. В июне 2015 г. около 1000 человек населения г. Алагир попали в больницы с отравлениями, вызванными возбудителем кишечной инфекции.

В целом, оценивая экологическое состояние водного бассейна горных рек Алагирского района, необходимо отметить, что требуется принятие целого ряда организационных и научно-технических мер как по организации качественного водоснабжения населения, так и по ликвидации накопленного экологического вреда, наносимого деятельностью горноперерабатывающей отрасли.

За период продолжительной деятельности горной индустрии на рудниках Садонского свинцово-цинкового комбината скопились значительные



объемы отходов добычи и переработки руд, размещаемых на полигонах, расположенных на террасных участках пойменных зон притоков реки Терек — Фиагдон и Ардон. Поверхностная инфраструктура, сопровождающая процесс добычи и переработки руды, в рамках горного отвода, как правило, включает потенциальные источники негативного воздействия на почву, водный и атмосферный бассейны. К ним относятся шахтные воды, скопления отходов добычи и переработки полиметаллических руд, размещаемые на уязвимых участках при разливе рек, стоки жилищно-коммунального хозяйства пос. Мизур и других горных населенных пунктов в этом ущелье, сбрасывающих свои стоки без очистки в реку Ардон, скот, пасущийся в водоохраных зонах.

Продолжительное антропогенное воздействие привело к деформации почвенного покрова и трансформации естественного ландшафта в техногенный, в образовании которого приоритетное место принадлежит отходам добычи руды, вывозимым горным породам от проходки разведочных и капитальных горных выработок и отходам переработки добываемой руды в концентрат — хвостам обогащения. Эти площадные образования в солнечную погоду, при порывистых ветрах становятся источниками загрязнения воды, почвы и атмосферного воздуха вредными и опасными геоматериалами. Они распространяются на большие расстояния от источников их образования. Такая ситуация, наблюдающаяся в течение многих десятков лет, привела к значительным отклонениям в структуре и химическом составе почв зоны горного отвода и к качественному изменению других компонентов природной среды.

Игнорирование вышеперечисленных факторов может привести не только к разовым отравлениям населения, живущего в районе негативного воздействия источников загрязнения, но и к хроническим нарушениям здоровья людей, включая развитие неизвестных заболеваний.

Только лишь системный подход по контролю качества такого жизненно важного продукта как вода на этапе ее добычи и подготовки, может быть надежной гарантией ее надлежащего качества и безопасного потребления.

Упомянутые нарушения оказывают отрицательное влияние на качество водоснабжения и подвергают обслуживаемое население повышенному риску [4]. Это и было неоднократно отмечено органами Роспотребнадзора по РСО — Алания в отношении г. Алагир. Анализ 153 проб воды, отобранных в течение июня 2015 г. из источников водоснабжения, подтвердил несоответствие качества воды установленным нормативным требованиям.

Из отобранных на анализ проб воды:
— не соответствуют нормативам СанПиН 23 пробы (15 %);
— соответствуют требованиям НТД по санитарно-химическим показателям — 38 проб (25 %);
— не соответствуют требованиям НТД по микробиологическим показателям — 6 проб (10,5 %) из 57 проб;
— не соответствуют требованиям НТД — 17 проб (29,3 %) из 58 проб (исследовано ПЦР лабораторией).

Водоснабжение г. Ардон и селений Ардонского района питьевой водой

В Ардонском районе эксплуатируются 10 источников водоснабжения (артезианские скважины). Проекты ЗСО разработаны только для водопроводных сооружений, эксплуатируемых МУП "Арис" (водоснабжение г. Ардон). Две скважины (№ 1 и № 5) водозабора "Хаткар", обеспечивающего г. Ардон питьевой водой, не имеют надскважинных павильонов. При этом скважина № 5 расположена за оградой водозабора.

С серьезными нарушениями эксплуатируется водозабор "Набережный". ЗСО строгого режима огорожена частично, территория не спланирована, скважины № 2 и № 3 не имеют надскважинных павильонов.

Контроль качества питьевой воды на водозаборах проводится в сельских населенных пунктах Ардонского района по договорам, а в г. Ардон ведомственной, но не аккредитованной соответствующим образом, лабораторией МУП "Арис". При этом исследования проводятся не в полном объеме: режим отбора проб питьевой воды не соответствует требованиям санитарных правил, отсутствуют исследования по радиологическим показателям.

Водоснабжение селений Пригородного района питьевой водой

В общей сложности водоснабжение Пригородного района РСО — Алания обеспечивают 38 одиночных скважин и 7 групповых водозаборов. Из них было обследовано санитарно-техническое состояние Тарского и Гизельдонского водозаборов, обеспечивающих питьевой водой Тарский и Архонский групповые водопроводы.

Тарский скважинный водозабор. Территория водозабора огорожена бетонным забором, местами требующим ремонта. Водозабор охраняется круглосуточно военизированной охраной. Однако территория не обустроена на соответствие санитарным нормам. Санитарное состояние внутри скважинных павильонов неудовлетворительное.

Устья скважин для ведения полноценного контроля за состоянием подземных вод не оборудованы соответствующим образом, в частности, нет водомеров и пьезометров. Учет добываемой воды ведется по производительности насосов.

Гизельдонский водозабор (рис. 3). Он обеспечивает работу Архонского группового водопровода. Территория северной части ЗСО строгого режима находится в стадии реконструкции и санитарного благоустройства. Зона, огороженная капитальным забором, круглосуточно охраняется. В санитарно-экологическом отношении она сравнительно благополучна.

Центральная часть территории ЗСО строгого режима занята строениями культурно-оздоровительного назначения, что противоречит установленным требованиям и правилам. Территория густо заросла высокоствольными деревьями, открыта для свободного доступа, круглосуточная охрана отсутствует.

Южная часть территории ЗСО строгого режима отгорожена от центральной, санитарное состояние неудовлетворительное, вход на территорию свободный, ее осмотр охраной осуществляется периодически.

Гидрогеологические условия каптажа Фанындонского родника (см. рис. 3), после обвала

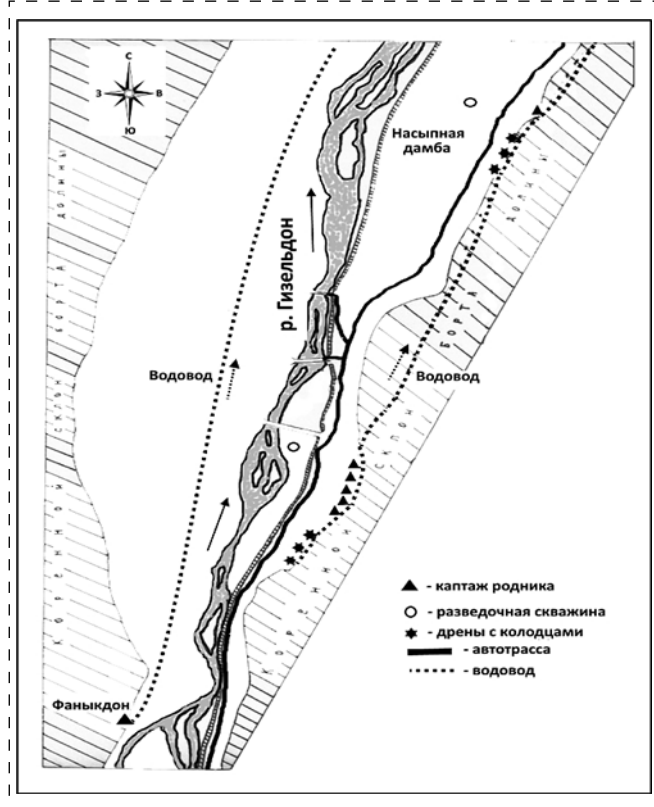


Рис. 3. Схема расположения водозаборных сооружений Гизельдонского водозабора

ледника Колка, существенно изменились. В перспективе сложившаяся на сегодня эколого-гидрогеологическая ситуация в долине реки Гизельдон будет подвержена негативным изменениям вследствие таяния ледово-грязе-селевой массы, образованной катастрофическим обвалом ледника Колка в Геналдонском ущелье в 2003 г., что может существенно сказаться на дебите источника и качестве его воды.

Тем не менее, в сложившейся санитарно-экологической и гидрогеологической обстановке мониторинг за состоянием подземных вод на водозаборе, не ведется. Это может привести к негативным санитарно-эпидемиологическим последствиям. Всего за 2015 г. было отобрано 117 проб лабораторией, не имеющей соответствующей аккредитации. Режим контроля водозабора на определение качественных показателей воды практически не соблюдается.

Выводы и рекомендации

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Практически на всех источниках водозабора отсутствует организованное проведение мониторинга за качественным и количественным состоянием питьевой воды, подаваемой населению из недр.

2. Водозаборные скважины не оборудованы манометрами, расходомерами, пьезометрами, что не гарантирует надлежащее качество добываемой воды и создает угрозу выхода месторождения из проектного режима эксплуатации.

3. Зоны санитарной охраны водозаборных скважин и каптажных сооружений заросли травой и высокоствольными деревьями, что не гарантирует возможность соблюдения надлежащей охраны территории и обеспечения санитарных условий в этой зоне.

4. Для большинства скважин отсутствуют проекты зон санитарной охраны на водозаборы, в соответствии с СанПиН 2.1.4.1110-02 "Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения"; не выполнены соответствующие работы по неэксплуатируемым скважинным источникам водоснабжения — ликвидация, консервация или перевод в наблюдательные скважины.

В связи с перечисленным выше предлагается провести полную инвентаризацию источников водоснабжения и оснастить их контрольно-измерительной аппаратурой для проведения непрерывного мониторинга режима эксплуатации водозаборов.



Список литературы

1. Государственный доклад "О состоянии и об охране окружающей природной среды и природных ресурсов Республики Северная Осетия — Алания в 2008 году". — Владикавказ, 2008. — 131 с.
2. Отчет о научно-исследовательской работе по теме "Разработка нормативов предельно допустимых вредных воздействий на водный объект р. Камбилеевка на территории РСО — Алания", ООО "Экопромпроект", Государственный контракт № 12-04/04 от 30 марта 2004 г. — Рязань, 2004. — 55 с.
3. СанПиН 2.1.4.1110-02 Зоны санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения.
4. **Порядин А. Ф.** Водозаборы в системах централизованного водоснабжения. — М.: НУМЦ Госкомэкологии России, 1999. — 338 с.

I. D. Alborov, Professor, Head of Chair, e-mail: ekoskgmi@rambler.ru, **F. G. Tedeeva**, Professor, **E. A. Gridnev**, Associate Professor, North Caucasian Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), Vladikavkaz

Problems of Water Supply of the Population in a Technogenic Zone and a Way of their Decision

In the article is given of sanitary and ecological inspection of a condition of the water intakes of drinking water use in the Republic of North Ossetia — Alania. The operational characteristic of sources of water intakes, a sanitary condition of zones of sanitary protection, equipment of borehole water intakes by control devices, a verification regime of sources and neutralization of the water transferred to the population, given the technology of neutralization of water.

Key parameters of operational sources of water supply, system of group of water supply, authors show, the architectural, planning and organizational decisions on providing relevant requirements for their action in adverse weather conditions are given.

Are described the most frequent violations of the rules of water intakes which have led to mass diseases of the population of Alagirsky district. Are described recommendations about elimination of critical deviations about water consumption capable to lead to violations with unpredictable consequences, up to bacteriological pollution of the drinking water, wick given to the population.

Keywords: water intake, borehole water intake, piping, zone of sanitary protection, chemical analysis, bacteriological analysis, health regulations, thawed snow

References

1. **Gosudarstvennyj** доклад "O sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej prirodnoj sredy i prirodnyh resursov Respubliki Severnaja Osetija — Alanija v 2008 godu" Vladikavkaz, 2008. 131 p.
2. **Otchet** o nauchno issledovatel'skoj rabote po teme "Razrabotka normativov predel'no dopustimyh vrednyh vozdeystvij na vodnyj ob#ekt r.Kambileevka na territorii RSO — Alanija", ООО "Jekopromproekt", Gosudarstvennyj kontrakt No. 12-04/04 ot 30 marta 2004. Rjazan', 2004. 55 p.
3. **SanPiN** 2.1.4.1110-02 Zony sanitarnoj ohrany istochnikov vodosnabzhenija i vodoprovodov pit'evogo naznachenija.
4. **Porjadin A. F.** Vodozabory v sistemah centralizovannogo vodosnabzhenija. Moscow: NUMC Goskomjekologii Rossii, 1999. 338 p.

УДК 628.4; 628.5

А. М. Пенджиев, д-р сельхоз. наук, канд. техн. наук, доц.,
e-mail: ampenjiev@gambler.ru; Туркменский государственный архитектурно-строительный институт, Ашхабад, Туркменистан

"Зеленая" индустриализация: технология переработки твердых бытовых отходов*

Описаны комплексные технологические схемы переработки твердых бытовых отходов в области "зеленой" индустриализации и ресурсосбережения за счет применения высокоэффективных и недорогих технологий, которые уменьшают материалоемкость национального продукта, выбросы загрязняющих веществ, образующихся при сжигании отходов, "оздоравливают" территории Туркменистана. Повысить валовой национальный продукт, а также решить энергетические, экономические, экологические, социальные вопросы и возможности смягчения изменения климата и получить признание населения для реализации государственных программ устойчивого развития регионов и активизировать части мирового сообщества в механизме чистого развития биосферы.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, захоронение отходов, сжигание отходов, рециклинг, загрязнение среды, Туркменистан

Введение

На юбилейной 70-й сессии Генеральной Ассамблеи ООН 25 сентября 2015 г. Президент Туркменистана Гурбангулы Бердымухамедов озвучил приоритетные позиции страны и представил новые инициативы по вопросам глобальной и региональной проблематики, сформулированные в конкретных предложениях по дальнейшему наращиванию конструктивного международного взаимодействия по пятнадцати ключевым направлениям. В их числе — сохранение и укрепление всеобщего мира и безопасности, сотрудничество в энергетической и транспортной сферах, гуманитарные вопросы и права человека, экология и защита окружающей среды [1—4, Газета "Нейтральный Туркменистан" от 26.09.2015 г.]

Присоединившись к ряду значимых природоохранных конвенций ООН, Туркменистан намерен и впредь принимать активное участие в глобальных усилиях по решению важнейших задач, в том числе по сохранению уникальных, но чрезвычайно уязвимых экосистем, принятию мер по минимизации негативного воздействия на окружающую среду нанесенного ранее экологического ущерба, повышению экологического образования.

Уже сегодня в стране эффективно внедряются современные схемы и методы производства, позволяющие минимизировать негативные последствия для окружающей среды. Поддерживая

* Продолжение цикла статей о "зеленой" индустриализация. Первая статья опубликована в журнале № 6 за 2016 год.

усилия международного сообщества по сокращению выбросов парниковых газов, Туркменистан переходит к использованию современных экологически чистых и ресурсосберегающих технологий в промышленном секторе.

Цель и задачи статьи проанализировать основные технологии переработки и обезвреживания твердых бытовых отходов (ТБО): захоронение отходов на полигонах, биотермическая переработка отходов, термическая переработка, отдельный сбор ТБО, комплексная технология ресурсосбережения и переработки твердых бытовых отходов в крупных и средних населенных пунктах Туркменистана. Предложенные инновационные технологии переработки ТБО должны стать обратным ресурсным циклом в "зеленой" индустриализации страны.

Научная новизна заключается в том, что сделан аналитический обзор современного состояния технологии переработки ТБО и предложены технологии их обезвреживания.

1. Основные технологии обезвреживания ТБО

Наиболее дешевым способом обезвреживания отходов является захоронение их на полигонах. Но при выборе конкретной технологии надо оценивать перспективу динамики показателя транспортных затрат. Города постепенно утрачивают возможность отводить под свалки новые близлежащие территории. При таком положении фактические транспортные затраты резко возрастают, и единственное преимущество полигонного захоронения отходов утрачивается. Индустриальная



переработка отходов имеет смысл в том случае, если стоят задачи развития системы обращения с отходами, повышения эффективности использования ресурсов и земель и сокращения транспортных затрат и ущерба окружающей среде. При сравнении технологий переработки отходов необходимо учитывать предполагаемое изменение следующих показателей:

- удельные капиталовложения на создание единицы перерабатывающей мощности;
- удельные эксплуатационные затраты;
- удельные затраты электроэнергии;
- удельные трудовые затраты;
- стоимость аренды земельного участка;
- удельные экологические платежи;
- удельная занимаемая площадь;
- тариф на переработку тонны отходов;
- степень и срок обезвреживания;
- наличие отходов производства;
- загрязнение почв, грунтовых вод и атмосферы;
- продукты, получаемые в результате переработки ТБО.

Оценки возможностей получения полезных продуктов при использовании разных технологий обращения с ТБО подробно рассмотрены в работах [5–8].

1.1. Захоронение отходов на полигонах

Полигон — комплекс сооружений, предназначенных для складирования, изоляции и обезвреживания ТБО, обеспечивающий защиту от загрязнения атмосферы, почвы, поверхностных и грунтовых вод, препятствующий распространению грызунов, насекомых и болезнетворных микроорганизмов.

Полигоны размещаются за пределами городов и других населенных пунктов. Под полигоны отводятся отработанные карьеры, свободные от ценных деревьев участки в лесных массивах, овраги и другие территории. Размер санитарно-защитной зоны от жилой застройки до границ полигона определен в 500 м. Кроме того, размер санитарно-защитной зоны уточняется при расчете газообразных выбросов. Границы зоны устанавливаются по изолинии 1 ПДК, если она выходит из пределов нормативной зоны. С учетом следствий возможного возгорания отходов и перспектив развития территорий с малоэтажной застройкой, нахождение полигона ближе 20 км от крупных населенных пунктов нежелательно [2, 3, 5–9].

Все работы по складированию, уплотнению и изоляции ТБО на полигонах (рис. 1) выполняются механизированными способами. Организация

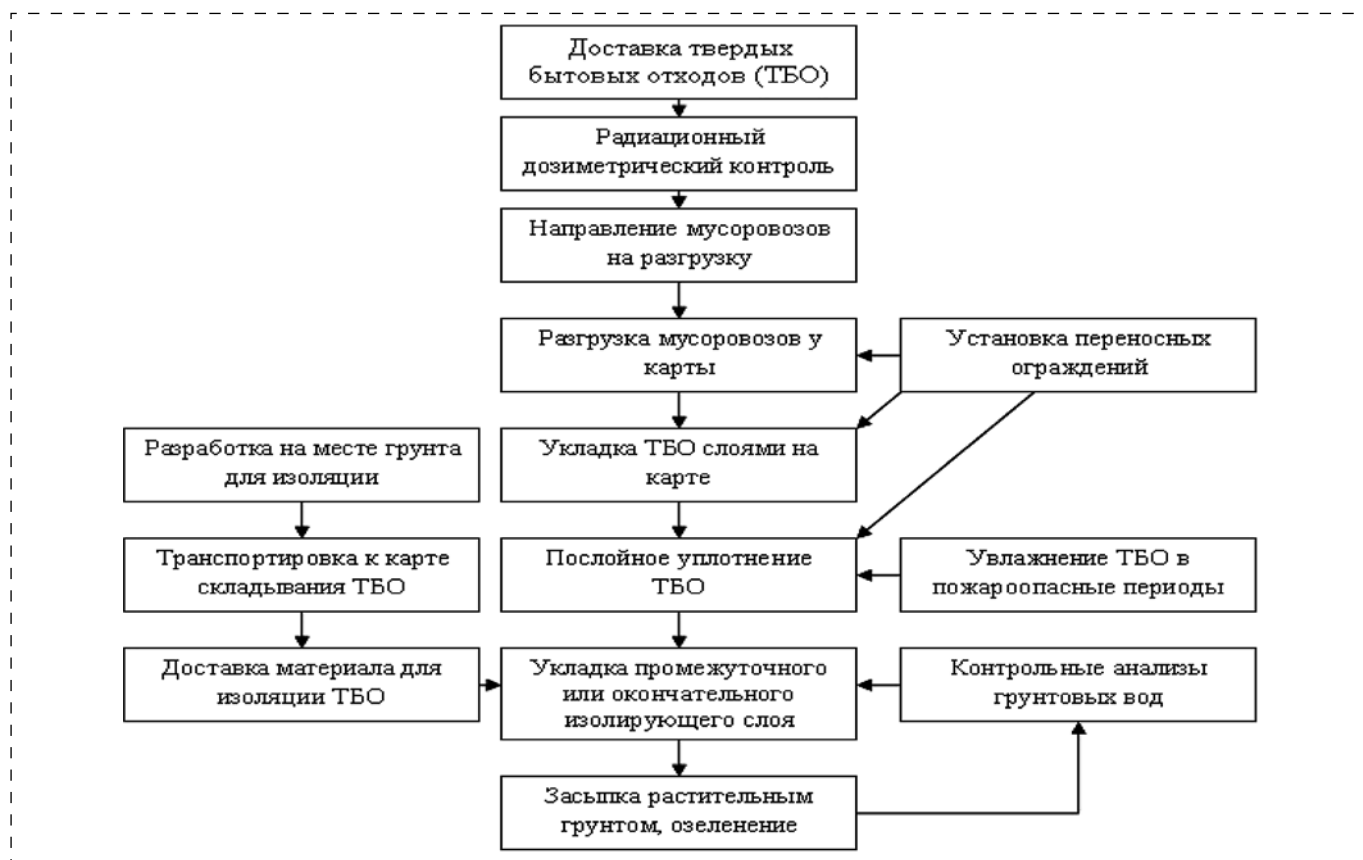


Рис. 1. Основные технологические операции при эксплуатации полигонов

работ на полигоне определяется технологической схемой эксплуатации полигона, разрабатываемой в составе проекта. Технологическая схема представляет собой генплан полигона, определяющий с учетом сезонов года последовательность выполнения работ, размещения площадей для складирования ТБО и разработки изолирующего грунта. Основными элементами полигона являются: подъездная дорога, участок складирования ТБО, хозяйственная зона, инженерные сооружения и коммуникации. Основное сооружение полигона — участок складирования ТБО. Он занимает основную (до 95%) площадь полигона, в зависимости от объема принимаемых ТБО. Участок складирования разбивается на очереди эксплуатации с учетом обеспечения приема отходов в течение 3...5 лет, в составе первой очереди выделяется пусковой комплекс на первые 1...2 года. В первую, вторую и, если позволяет площадь участка, в третью очередь складирование отходов ведется на высоту в 2—3 яруса (высота яруса принимается равной 2,0...2,5 м).

Последующая очередь эксплуатации заключается в увеличении насыпи ТБО до проектируемой отметки. Хозяйственная зона полигона проектируется для размещения: административно-бытового корпуса, контрольно-пропускного пункта вместе с пунктом стационарного радиометрического контроля; весовой; гаража и площадки с навесами и мастерскими для стоянки и ремонта машин и механизмов; склада горюче-смазочных материалов; складов для хранения энергоресурсов, строительных материалов, спецодежды, хозяйственного инвентаря и др.; объектов и линий электроснабжения и других сооружений [5—8, 10—12].

Для полигона ТБО разрабатывается специальный проект мониторинга, включающий разделы: контроль состояния подземных и поверхностных водных объектов, атмосферного воздуха, почв и растений, шумового загрязнения в зоне возможного неблагоприятного влияния полигона; система управления технологическими процессами на полигоне, обеспечивающая предотвращение загрязнения подземных и поверхностных водных объектов, атмосферного воздуха, почв и растений, шумового загрязнения выше допустимых пределов в случаях обнаружения загрязняющего влияния полигонов.

Технология захоронения отходов на полигонах используется во всех странах мира. Размещение твердых коммунальных и отдельных видов промышленных

отходов на специальных природоохранных сооружениях — наиболее простая и более-менее эффективная технология обезвреживания отходов, если не учитывать накопленный экологический ущерб, утрату потенциальных ресурсов, длительное выбытие существенных территорий из оборота, негативные последствия от выделения парниковых газов, возгорания мусора и возможного попадания фильтрата в грунтовые воды.

При должной организации и эксплуатации полигона риск негативного воздействия на окружающую среду невелик. Захоронение отходов осуществляется механизированным способом на специально выделенных территориях полигона — картах, что позволяет сократить затраты и экологические следствия за счет поэтапного использования территории. Захоронение отходов на полигоне, как правило, производят около 15...20 лет, далее полигон многие десятилетия работает как "биологический реактор", и только после затухания биохимических процессов возможно иное использование земель. Укоренившаяся практика совместного захоронения влажных органических и неорганических компонентов отходов на полигонах приводит к длительному выделению парниковых газов, загрязняющих атмосферу. При нарушениях регламента эксплуатации полигона возможно загрязнение вод поверхностными стоками или фильтратом.

Категорически запрещается вывоз на полигоны отходов, пригодных к использованию в народном хозяйстве в качестве вторичных ресурсов, а также токсичных, радиоактивных и биологически опасных отходов.

Полигоны, как правило, не обеспечены специализированными мощностями, предназначенными для сбора вторичного сырья. Иногда отбор ресурсных фракций (металла, полиэтилена и картона) в нарушение действующих санитарных правил осуществляется бригадами сборщиков и не превышает 2...3% от возможного использования (рис. 2).



Рис.2. Схема использования отходов при их полигонном захоронении

1.2. Биотермическая переработка отходов

Из биотермических методов переработки отходов наибольшее распространение получила технология аэробной ферментации (компостирование). Ферментация — биохимическое разложение органической части отходов микроорганизмами. Компостирование желательнее осуществлять после утилизации ресурсных фракций отходов (рис. 3). С учетом опыта проектирования института "Гипрокоммунстрой" рекомендуются следующие технологические операции:

- взвешивание поступающих ТБО и вывозимой с завода продукции на автовесах;
- выгрузка отходов из мусоровозов в приемные бункеры завода с пластинчатыми питателями, грейферными кранами или комбинацией этих устройств;
- отбор лома черных металлов магнитными сепараторами до поступления отходов в биобарабан;
- биотермическая переработка отходов в биобарабанах диаметром 4 м и длиной 60 м (36 м);
- подача материала из биобарабанов на сортировку;
- выделение компоста на цилиндрических грохотах с диаметром ячеек 50...60 мм;
- отбор металлолома из компоста и ТБО магнитными сепараторами;
- измельчение компоста в молотковых мельницах;
- складирование компоста на открытых бетонированных площадках.

Технология компостирования является одной из альтернатив сжиганию отходов. Ценным результатом компостирования можно считать возвращение биоразлагаемых отходов в естественный оборот веществ. Но следует отметить, что существующие мощности по компостированию ТБО в настоящее время работают с низкой эффективностью, поскольку получаемый компост загрязнен тяжелыми металлами и стеклом [5—8, 10—13].

Заводы, производящие биотермическое обезвреживание отходов, как правило, не обеспечены

мощностями для эффективного извлечения ресурсных фракций с целью сырьевого или энергетического использования ТБО. Уровень извлечения таких фракций колеблется в пределах 5...7% от возможного использования.

1.3. Термическая переработка ТБО

При сжигании одной тонны твердых бытовых отходов можно получить 1300...1700 кВт/ч тепловой или 300...400 кВт/ч электрической энергии, которые используются для собственных нужд предприятия, а излишки возможно передавать в инженерные сети иных потребителей. Кроме того, сжигание отходов существенно уменьшает объем и массу мусора, подлежащего захоронению на полигонах (рис. 4).

Активное сооружение мощностей, предназначенных для выработки энергии на основе мусоросжигания, началось в середине 70-х гг. прошлого века в связи с обострением энергетического кризиса. Негативным последствием сжигания многокомпонентной массы отходов в то время должного внимания не уделяли. В настоящее время в западных странах уровень сжигания бытовых отходов колеблется от 70 % в Японии и до 10 % в США [2—4, 9, 14—17].

Термическую переработку можно разделить на два вида: непосредственное сжигание, при котором получается тепло и энергия, и пиролиз, при котором образуется жидкое и газообразное топливо. К непосредственному сжиганию отходов относятся технологии:

- слоевого сжигания отходов на колосниковой решетке с подачей на слой отходов горячего воздушного потока;
- кипящего слоя, когда отходы предварительно разделяют на фракции, а затем сжигают в специальных камерах с добавлением песка, доломитовой крошки или другого абсорбента;
- шлакового расплава, основанной на использовании в качестве топлива

шлаковых отходов, часть которых загружается в котел с ТБО и нагревается горелками котла быстрее, чем ТБО, через некоторое время превращаясь в расплав, который, в свою очередь, нагревает массу ТБО.

- электрошлакового расплава, которая отличается от предыдущей тем, что шлаковые отходы представляют собой электропроводящее вещество, а нагрев осуществляется с использованием электричества;

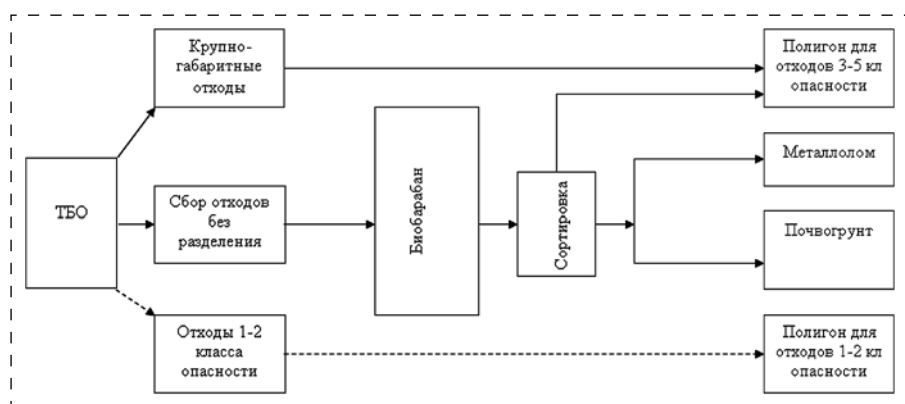


Рис. 3. Схема использования отходов при их биотермической переработке

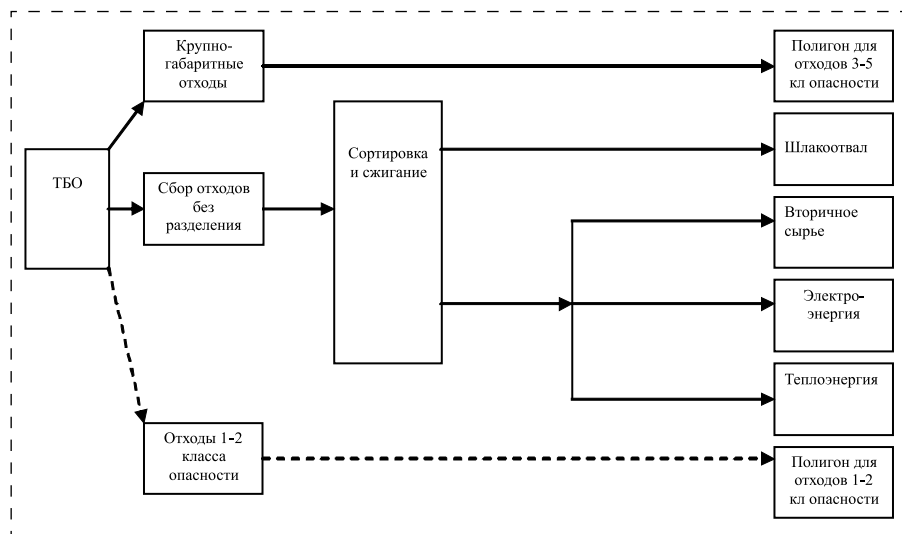


Рис. 4. Схема использования отходов при их сжигании

- коксования и сжигания ТБО: первая стадия — ТБО нагреваются без доступа кислорода до температуры 1000 °С, в результате происходит коксование отходов, образуются твердые (кокс) и газообразные продукты, служащие впоследствии топливом; вторая стадия — дожигание полученных продуктов при поступлении большого количества кислорода.

К термическим методам переработки отходов также относится пиролиз — высокотемпературный термохимический процесс взаимодействия органической массы отходов с газифицирующими агентами, в результате которого органические продукты превращаются в горючие газы и смолу, а прочее — в шлак. Полученные газы можно использовать в газотурбинных, паротурбинных или газопоршневых установках для выработки энергии, смолу — в качестве топлива или химического сырья [14].

Если считать, что в одной тонне отходов содержится 300 кг макулатуры, 100 кг полимеров и текстиля, 300 кг иной органики, то, согласно анализу, выполненному в 2001 г. Лондонской школой экономики, энергия, получаемая при сжигании ТБО, составляет лишь 5% от энергетических затрат, нужных для производства материалов, составляющих ТБО. Сырьевое использование вторичных материальных ресурсов приносит больший экономический результат. Поэтому, например, в странах ЕС принят принцип: сжигать только то, что не представляется возможным использовать иным способом.

2. Опыт зарубежных стран переработки ТБО

К числу основных недостатков переработки отходов с применением технологии сжигания относится выделение вредных веществ, накопление

шлаков, уничтожение ценных органических и других компонентов, содержащихся в составе бытового мусора, высокая удельная стоимость единицы производственной мощности и, соответственно, высокие тарифы для потребителей услуг по обезвреживанию отходов. В результате химических процессов, происходящих в печах мусоросжигательного завода (МСЗ) неизбежно возникают высокотоксичные соединения, часть которых с дымовыми газами выбрасывается в атмосферу, остальное попадает в золу и шлаки. В 1980-х — начале 1990-х гг. сжигание мусора, особенно ТБО,

было признано основным источником диоксинов. Было подсчитано, что в индустриально развитых странах в процессе сжигания выделяется от 40 до 80% всего количества диоксинов, поступающих в атмосферу [2, 3].

Осознание населением вреда, приносимого прямым сжиганием здоровью и окружающей природной среде, привело в начале 2000-х гг. к сильному противодействию строительства мусоросжигательных заводов в Австралии, Бельгии, Франции, Канаде, Германии, Италии, Японии, Нидерландах, Новой Зеландии, Польше, Испании, Великобритании и многих других странах как севера, так и юга. Только в 2001 г. предложения по строительству мусоросжигательных заводов были сорваны из-за протеста населения во Франции, на Гаити, в Ирландии, Польше, ЮАР, Таиланде, США и Венесуэле. В июне 2002 г. 126 групп в 54 странах приняли участие в первом всемирном дне действий против сжигания отходов. В августе 2002 г. в ходе Всемирного саммита по устойчивому развитию в Йоханнесбурге свыше 150 делегатов неправительственных организаций из 38 стран мира подписали декларацию против сжигания отходов. Утвердилось понимание того, что без эффективной системы газоочистки строить МСЗ нельзя. В 1990-х гг. были разработаны современные технологии сжигания мусора, внедрение которых должно было привести к значительному сокращению выбросов диоксинов в атмосферу. Но даже при высокоэффективной очистке с применением современного оборудования МСЗ выделяют в окружающую среду высокотоксичные фураны и диоксины, в том числе полихлорированные дибензодиоксины (ПХДД) и дибензофураны (ПХДФ), которые сохраняются в окружающей среде в течение десятков лет и беспрепятственно



переносятся по пищевым цепям (водоросли, планктон — рыба — человек; почва — растения — травоядные животные — человек). Эти соединения образуются при сжигании материалов на основе поливинилхлорида (пластиковые бутылки, игрушки, линолеум и др.) и прочих хлорсодержащих полимеров [10—13].

Исследования показали, что сжигание бытовых отходов до сих пор остается одним из главных источников диоксинов. В Великобритании, например, МСЗ продолжают выбрасывать в атмосферу от 50 до 56 % общего количества диоксинов, в Бельгии МСЗ являются их основным источником. Снижение содержания диоксинов в отходящих газах приводит к повышению их количества в золе [10].

3. Опыт очистки выбросов МСЗ

В настоящее время на новых МСЗ используют многоступенчатые системы очистки выбросов, стоимость которых сопоставима со стоимостью котельно-топочного оборудования. Отчеты о результатах периодических измерений концентрации отдельных загрязняющих веществ современных МСЗ, как правило, свидетельствуют о том, что уровень выбросов по этим веществам не превышает нормы ПДК. Однако в случаях нерегулярной замены дорогостоящих фильтров или при авариях возможны существенные залповые выбросы высокотоксичных веществ в атмосферу. Кроме того, следует учитывать отдаленные последствия работы МСЗ [10—13].

Обоснование безопасности МСЗ соблюдением низких уровней загрязнения по тяжелым металлам, свинцу, кадмию, диоксидам спорно, так как эти вещества постепенно накапливаются по мере работы завода, и уровень загрязнения неотвратимо повышается.

Кроме диоксинов и полихлорированных бифенилов в выбросах МСЗ содержатся нафталины, хлорбензолы, ароматические углеводороды, летучие органические соединения, тяжелые металлы, в том числе ртуть, кадмий, свинец. Эти вещества токсичны, не разлагаются и способны к накоплению в живых организмах. Эти свойства делают их наиболее опасными для окружающей среды. Некоторые из них вызывают онкологические заболевания и разрушают гормональную систему человека. Другие вещества, такие как диоксид серы (SO_2) и диоксид азота (NO_2), вместе с мелкими дисперсными частицами вызывают респираторные заболевания. Эти мельчайшие частицы, в том числе содержащие примеси тяжелых металлов, способны проникать в легкие и вызывать разного рода заболевания [10, 13].

Твердые частицы, присутствующие в воздухе, являются результатом как природных явлений, так и деятельности человека. Это мельчайшие частицы почвы, морская соль, пыль вулканического происхождения, споры грибов и пыльца растений, частицы, присутствующие в выхлопных газах и дыме.

Частицы естественного происхождения обычно крупнее 2,5 мкм, в то время как в отходящих газах МСЗ содержится большое число частиц менее 2,5 мкм. Такие твердые частицы, способные проникать в мельчайшие дыхательные пути, оказывают серьезное влияние на респираторную систему, вызывая астму, могут быть причиной повышенной смертности от заболеваний дыхательной системы и сердца. Наибольшее беспокойство вызывают ультрамелкие частицы размером менее 0,1 мкм.

Мусоросжигательные заводы выбрасывают значительные количества мельчайших твердых частиц. Даже самые современные системы очистки газов препятствуют выбросу лишь 5...30% таких частиц. Частицы менее 0,1 мкм не задерживаются системами очистки отходящих газов. Более того, системы нагнетания аммиака, призванные сократить выбросы оксидов азота, могут привести к увеличению количества выбросов мельчайших твердых частиц.

Химический состав твердых частиц изучен плохо. Известно, что в них могут содержаться минеральные оксиды и соли. На их поверхности могут осаждаться тяжелые металлы, диоксины, ПХБ и ПАУ. Ультрамелкие частицы могут быть химически активны, так как на их поверхности находится большее число свободных атомов, адсорбирующих опасные вещества.

В СССР термическая переработка мусора началась с 1972 г., когда в восьми городах были построены мусоросжигательные заводы. Газочистка на них практически отсутствовала, тепло не использовалось. Ныне многие из этих заводов закрыты. Как отмечалось выше, МСЗ — основные загрязнители природы диоксидами. В России их пока немного и, соответственно, фоновый уровень загрязнения ниже западного.

Федеральная служба по надзору в сфере природопользования обосновывает свои рекомендации по сжиганию ТБО тем, что "из 1 тонны мусора остается только 250 кг шлака и золы, 30 кг железного скрапа и 1 кг осадка на фильтре" [12]. В Заключении комиссии Общественного совета при Росприроднадзоре по твердым бытовым и промышленным отходам [10] утверждается, что "сжигание отходов производства и потребления, помимо сокращения их объема в 10—12 раз и массы в 4 раза, позволяет получать дополнительные

энергетические ресурсы". Однако следует учесть, что согласно закону сохранения массы сжигание приводит не к уменьшению массы отходов, а лишь к трансформации веществ, из которых состоят отходы, в другие соединения и синтезируемые вещества, выбрасываемые с отходящими газами, летучую золу и шлак. Эти вещества в тех или иных количествах оказываются на прилегающих к заводу территориях. В случае использования на заводе воды к перечисленным выше выбросам добавляются жидкие стоки.

Декларируемое снижение массы твердых бытовых отходов в 4 раза посредством сжигания не соответствует действительности. Фактически, исходная масса отходов в процессе горения увеличивается в 3–4 раза за счет соединения веществ, из которых состоят отходы, с азотом и кислородом, содержащимся в воздухе. Продукты горения в виде золы, шлаков и дымовых газов попадают в окружающую среду. Если суммировать все выбросы МСЗ, их масса в разы превысит первоначальную массу ТБО. Обычно не принимаемый в расчет CO_2 , полученный при взаимодействии кислорода с углеродом сжигаемых соединений, увеличивает реальную массу отходов после процесса сжигания.

Значительные объемы отходов составляет используемая на производстве вода и ее осадки. Бытовые отходы содержат до 25 % углерода, который высвобождается в процессе сжигания. Из 1 т отходов образуется более 1 т CO_2 . Диоксид углерода как самый распространенный парниковый газ значительно влияет на изменения климата, поэтому его выбросы должны быть минимизированы. Однако норм на выбросы CO_2 для МСЗ не существует.

Шлаки МСЗ обычно не рассматриваются в качестве опасных отходов. Однако они тоже содержат токсичные вещества, которые могут вымываться из мест захоронения и наносить существенный вред окружающей среде. Как и летучая зола, шлаки МСЗ подлежат захоронению или используются в строительных конструкциях. Тесты на вымывание химических веществ из шлаков показали, что при их захоронении в окружающую среду могут возвращаться токсичные соединения, неорганические соли и небольшие количества тяжелых металлов. В некоторых европейских странах, включая Нидерланды, Данию, Францию, Германию, от 40 до 60 % шлаков МСЗ используется

в строительстве, в основном — асфальтовых покрытий и велосипедных дорожек. Исследования бетона, созданного на основе шлаков МСЗ, показали, что этот бетон обладает меньшей по сравнению с обычным бетоном прочностью. Существуют сомнения по поводу разумности использования шлаков в строительстве, так как присутствующие в них токсичные вещества рано или поздно попадут в окружающую среду [11, 12].

Во многих странах государство связано с владельцами МСЗ долгосрочными договорами государственно-частного партнерства. В случае применения мер по сокращению количества отходов, их вторичному использованию власти вынуждены будут платить владельцам МСЗ огромные неустойки, что препятствует развитию ресурсосбережения и организации оборотного ресурсного цикла, ухудшает экономические показатели [16].

4. Раздельный сбор ТБО

В западных странах принцип ресурсосбережения в системах обращения с отходами производства и потребления осуществляется, как правило, посредством технологий раздельного сбора отходов (рис. 5). Технологии раздельного сбора отходов, как и технологии сжигания отходов, получили свое распространение в 70–90 гг. прошлого столетия, после чего применение технологий сжигания в ряде развитых стран стали сокращать относительно иных технологий обезвреживания отходов [10].

Эксперимент по организации раздельного сбора отходов, проведенный в Санкт-Петербурге, показал, что значительная часть населения готова к участию в раздельном сборе. От 15 до 25 % жителей сразу стали собирать мусор должным образом. При эффективной организации работ, гибкой тарифной политике, проведении

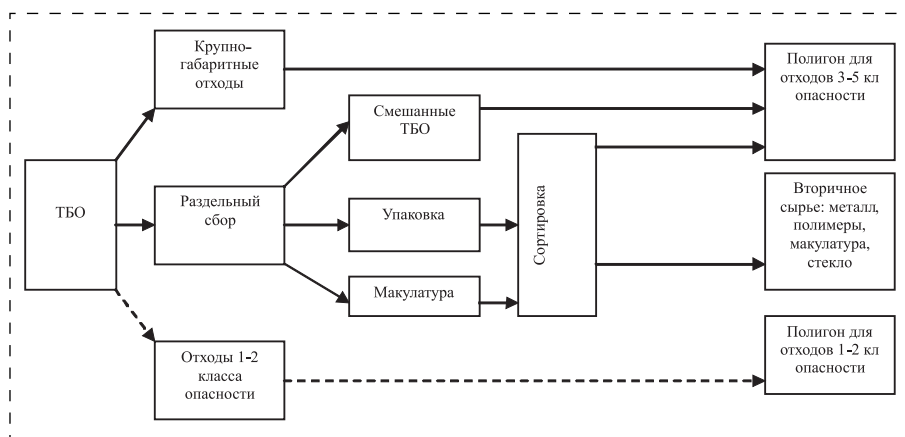


Рис. 5. Схема использования отходов при их раздельном сборе



информационно-пропагандистской кампании процент участия населения в раздельном сборе мог бы достигнуть 65. Это нормальный для европейского города показатель.

В компонентном составе раздельно собранных твердых бытовых отходов (потенциально вторичных материальных ресурсов) содержалось от 15 до 20 % "примеси". По этой причине сырьевую массу не представлялось возможным направлять непосредственно потребителю. Требовалась дополнительная сортировка. Сортировка отдельно собранных потенциальных вторичных ресурсов позволяла изъять для использования 60...70 % их массы, а не 11...15 %, как при ручной сортировке смешанных твердых бытовых отходов. Такие показатели могли обеспечить деятельности по сортировке ТБО перспективу прибыльности при условиях поддержки предпринимательства на региональном и муниципальном уровнях, а также ввода законодательства об упаковке и упаковочных отходах.

Количество позиций, по которым осуществлялся раздельный сбор, было ограничено, поскольку основной причиной отказа населения от участия в мероприятии являлась необходимость сортировки ТБО по большому числу фракций в стесненных условиях малогабаритных квартир.

Вовлечение населения для участия в раздельном сборе отходов имело значительный социальный и образовательный эффект. Вместе с тем, затраты на вывоз раздельно собранных потенциальных вторичных ресурсов с имеющихся площадок для сбора мусора существенно превышали затраты на обычный вывоз отходов. Количество фракций отходов увеличивалось, соответственно требовалось большее число специализированных автомашин. Эксплуатация мусоровоза в собирающем режиме существенно дороже его эксплуатации в транспортном режиме.

Экономический вывод исследований в крупных городах России: если для сбора бумаги и упаковки устанавливать контейнеры емкостью 0,75 м³, как это делалось в Санкт-Петербурге, или 1,1 м³, как это делалось в Москве, транспортники рентабельно работать не смогут. Бюджетные средства в сотни миллионов рублей, выделенные на реконструкцию контейнерных площадок, к сожалению, израсходованы без учета оптимизации сбора и транспортирования потенциального вторичного сырья.

Зарубежные исследователи утверждают, что в начале внедрения технологий раздельного сбора ТБО обычно требуются дополнительные затраты. Установка для селективного сбора бумаги и упаковки контейнеров большего объема устраняет эту проблему. К примеру, заглубленные в грунт

контейнеры емкостью в 5 м³ подлежат опорожнению один раз в неделю. Пробег специализированной автомашины до заполнения приемного бункера сырьем при работе с такими контейнерами резко уменьшается. Поэтому успех программ развития раздельного сбора ТБО во многом зависит от разумного оснащения контейнерных площадок. Переоснащение контейнерных площадок — проект инфраструктурный. Частное предпринимательство не имеет возможностей для таких затрат.

Эксперименты, проводившиеся в течение последнего десятилетия на территориях различных населенных пунктов Российской Федерации с целью внедрения технологии раздельного сбора отходов, показали, что без ввода законодательства об упаковочных отходах и переоснащения контейнерных площадок потенциал использования ресурсных фракций не превышает 20...25 % от общей массы твердых отходов. Кроме того, при проведении экспериментов, в связи с отсутствием потребителя, выделение влажных органических отходов из общей массы мусора не производилось.

Организация ресурсосбережения посредством раздельного сбора отходов при условии сооружения необходимой инфраструктуры и эффективной логистики должно способствовать сокращению транспортных затрат — основной статьи расходов при удалении мусора. Однако следует обратить особое внимание на фактический транспортный пробег, необходимый для обслуживания новой технологической схемы. Если пункты сортировки и компостирования будут сооружены на значительном расстоянии от мест сбора ресурсов (к примеру, рядом с полигонами), если сбор будет осуществляться с применением устаревших технологий, то транспортные затраты могут стать чрезмерными. Убыточность транспортного процесса снижает мотивацию к сооружению сортировок. Отсутствие поддержки региональной власти по вопросам выделения площадок под сортировки, перегрузы, площадки для полевого компостирования окончательно вводит проблему в тупиковое состояние.

В западных странах, где работает иной тарифный механизм и житель вносит высокую плату, но исключительно за опорожнение баков со смешанными и влажными органическими отходами, вывоз остального сырья осуществляется сборщиками бесплатно (как в Германии) или за половину цены (как в Швеции). Это возможно и в России после ввода Закона об упаковке и упаковочных отходах и при условии устранения рассмотренных выше ошибок. Для развития ресурсосбережения посредством технологии раздельного сбора отходов потребуются существенные инфраструктурные

затраты, выделение площадей под сооружение сортировок и не менее десятилетия.

5. Комплексная технология ресурсосбережения

Переработка отходов — деятельность, связанная с выполнением технологических процессов по обращению с отходами для обеспечения повторного использования полученных сырья, энергии, материалов в народном хозяйстве (ГОСТ 30772—2001 "Ресурсосбережение, обращение с отходами, Термины и определения").

Переработка отходов на мусоросортировочном комплексе (МСК) является этапом технологического цикла процесса обращения с ТБО и близкими к ним по компонентному содержанию промышленными отходами (рис. 6). Переработка отходов на МСК в соответствии с утвержденным технологическим регламентом осуществляется для повторного использования полученных сырья, энергии, изделий и материалов; предотвращения вредного воздействия отходов на здоровье человека и окружающую среду; ликвидации отходов посредством получения вторичного сырья, полезной продукции.

Комплексная технология ресурсосбережения является последовательностью технологических операций обработки, обогащения и ликвидации твердых бытовых и близких к ним по компонентному составу производственных отходов, в том числе:

- обработка отходов в целях предотвращения вредного воздействия на человека, окружающую среду;

- обогащение отходов (обработки отходов с повышением относительного содержания в необходимых составляющих путем исключения или преобразования тех составляющих, которые в рассматриваемой ситуации относят к ненужным или вредным);

- ликвидация обработанных отходов путем утилизации обезвреженных, обогащенных отходов.

Обработка осуществляется посредством:

- 1) сортировки отходов (разделения отходов согласно определенным критериям на качественно различающиеся составляющие) на три части:

- опасные отходы: люминесцентные лампы, металлические баллоны и пр.;

- отдельные виды крупногабаритных отходов;
- смесь сырьевых фракций отходов;

- 2) сепарации отходов (механизированной обработки неоднородных отходов, имеющей цель

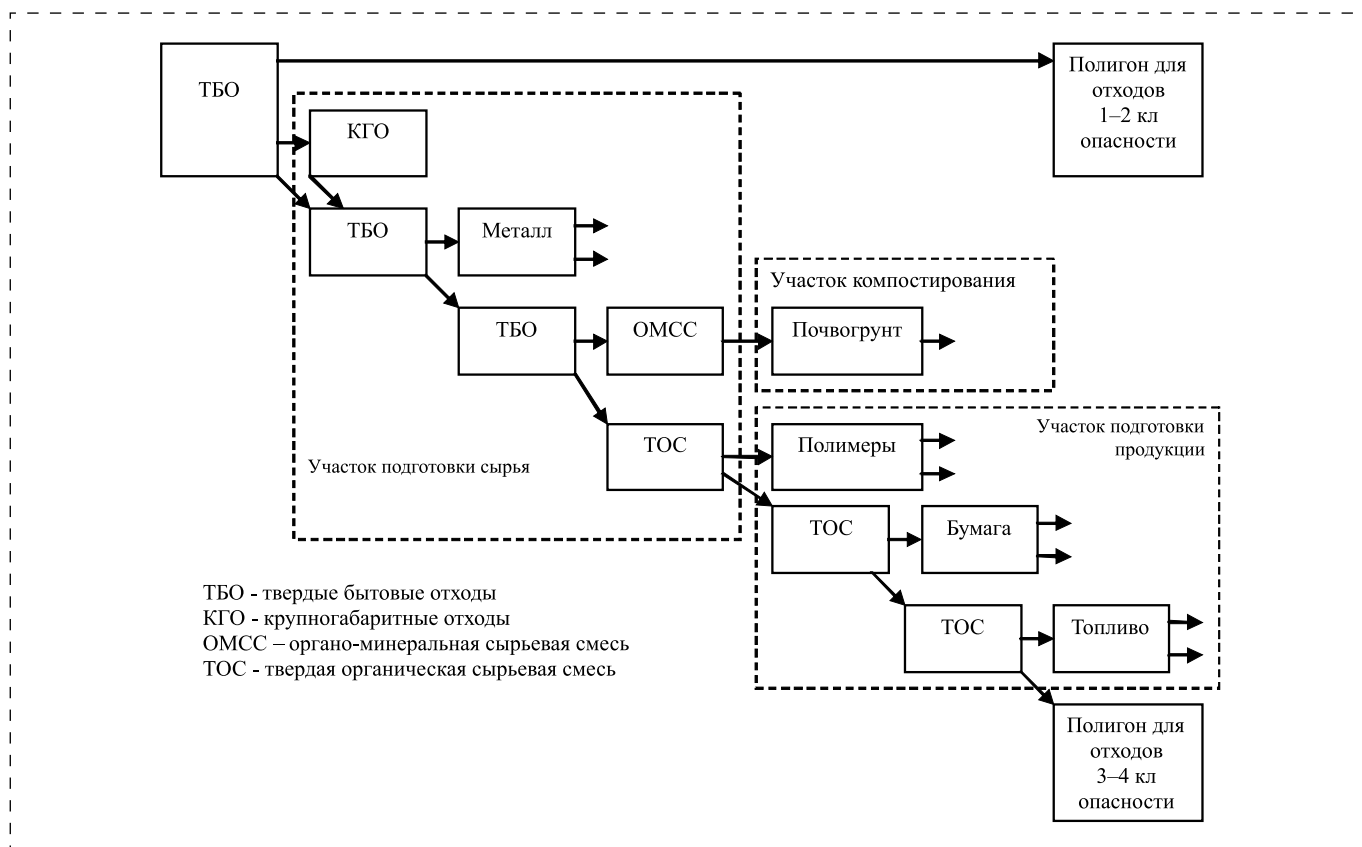


Рис. 6. Схема использования отходов при комплексной технологии ресурсосбережения



их разделения на однородные составляющие) и их обогащение.

Основная масса загрязняющих (посторонние частицы) и засоряющих (посторонние составляющие в виде отдельных частей) отходов удаляется из сырьевой массы также методом сепарации.

Ликвидация обработанных и обогащенных сырьевых фракций отходов (вторичных материальных ресурсов) осуществляется их переработкой в соответствии с положениями технологического регламента и техническими условиями в определенные виды вторичного сырья, изделий и материалов.

Использование бытовых отходов — это извлечение из ценных и негорючих компонентов отходов с последующим сжиганием или сбраживанием органических остатков для получения энергии и/или сырья для производства материалов, удобрений и других товарных продуктов. В результате переработки отходов с использованием комплексной технологии ресурсосбережения из ТБО извлекаются практически все ценные, горючие и негорючие компоненты, часть которых заготавливается в виде вторичного сырья, остальное перерабатывается в альтернативное топливо и техногенный грунт.

Комплексная технология ресурсосбережения обеспечивает соблюдение иерархической последовательности главных принципов управления отходами: минимизации, ресурсосбережения; использования энергетического потенциала, снижения опасных свойств ТБО. Такой технологией предусмотрено поэтапное использование ресурсных фракций отходов. На каждом из этапов производится товарная продукция.

Основные технологические этапы:

1) подготовка сырья: отбор крупногабаритных отходов, картона и лома черных металлов;

2) отделение из сырьевой массы органоминеральной сырьевой смеси (ОМС), предназначенной для изготовления методом биотермической переработки грунта техногенного;

3) разделение оставшейся сырьевой массы на следующие составляющие:

- твердая органическая сырьевая смесь;
- высококалорийная сырьевая смесь;
- вторичные, инертные, обезвреженные отходы;

4) переработка сырьевой смеси путем сепарации товарного вторичного сырья, с разделением его пневмомеханическим и ручным способом на виды, марки и цвета, прессованием в товарные кипы и отправкой на склад для последующего сбыта; обогащением оставшегося низкосортного вторичного сырья высококалорийной сырьевой смесью и изготовлением из него топлива;

5) прессование вторичных обезвреженных инертных отходов низкой категории опасности.

При увеличении уровня производства экологически безопасной продукции (ЭБП), пригодной к рециклингу в конце срока использования, количество неиспользованных отходов будет уменьшаться [10—13].

В процессе переработки ресурсные фракции отходов подвергаются автоматической и ручной сепарации, аэробной ферментации и обогащению с последующим дроблением. В результате для захоронения остается не более 18...24 % от начального количества отходов. Это так называемые вторичные отходы, представляющие собой обезвреженную массу мусора 5-го класса опасности (неопасные).

Альтернативное топливо представляет собой измельченную массу с размерами частиц не более 25 мм в двух измерениях. В составе топлива содержатся полимеры, бумага, картон, упаковка типа "тетра-пак", текстиль, а также имеются включения кожи, резины и древесины. Две тонны топлива заменяют 1000 м³ природного газа по теплотворной способности. Топливо по токсикологической характеристике относится к продуктам 4-го класса опасности по ГОСТ 12.1.007—76 "Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности" и не оказывает токсического воздействия на организм человека [5—8].

Органоминеральная сырьевая смесь представляет собой неоднородную обогащенную смесь (с размерами частиц не более 80 мм в трех измерениях) минеральных (камень, песок, стекло, керамика) и органических веществ (макулатура, текстиль, кожа, древесина и пищевые продукты). Сырьевая смесь предназначена для производства почвогрунта техногенного рекультивационного, рекультивации нарушенных земель, засыпки котлованов, траншей и карьеров, отсыпки отвалов, рекультивации отработанных карьеров.

Инертная фракция отходов 5-й категории опасности — это обезвреженные вторичные отходы, не содержащие влажной органики и основной части иных полезных органических материалов. В них практически отсутствует питательная среда для протекания биохимических процессов, что исключает образование парниковых газов в теле полигона и во многом устраняет неприятные запахи и часть стоков фильтрата.

Преимущества комплексной технологии ресурсосбережения: гибкость; экономичность; экологичность; комплексность; настроенность на кооперацию, координацию и комбинирование; социальная ориентация; наглядность.

Устранение проблемы негативного воздействия отходов на окружающую среду входит в перечень мер по обеспечению безопасной жизнедеятельности населения и не может поддерживаться

исключительно за счет сбыта вторичного сырья. В зависимости от обеспеченности региона мощностями по переработке вторичного сырья за продукцию, полученную на МСК из 100 тыс. т отходов, можно выручить до 40 млн руб. Производственные издержки составляют 80 млн руб. в год. Затраты на сооружение и оборудование — 340 млн рублей. Следовательно, с учетом кредитования и срока окупаемости вложенных средств — 3,5 года, тариф за переработку тонны отходов на МСК составит 1200 руб. за тонну. Переработка отходов на МСК в некоторых регионах более эффективна и быстрее окупается по сравнению с производством по сжиганию отходов [5—8, 10—13].

Площадки для строительства МСК должны отвечать ряду требований.

Минимальная площадь отведенного участка для строительства: 2 га.

Инженерное обеспечение:

— электроснабжение: от 0,5 МВт;

— водопотребление: 35 600 м³/год;

— водоотведение хозяйственно-бытовых и ливневых стоков: 28 500 м³/год;

— целесообразно централизованное теплоснабжение, однако при желании заказчика система тепло- и энергообеспечения объекта может использовать собственную сырьевую базу.

Категория земельного участка: земли промышленного назначения.

Санитарно-защитная зона: 100 м.

Наличие подъезда к площадке.

Желательно размещение площадки на удалении от объектов образования ТБО не далее 7 км.

Желательно наличие полигона на расстоянии не более 30 км от площадки размещения завода.

Желательно наличие цементного производства на удалении не далее 200 км.

Возможно повышение экологических и ресурсных показателей технологии комплексного ресурсосбережения путем комбинации с технологиями раздельного сбора (отходов повышенной опасности и отходов стекла), биотермической переработки (влажных органических отходов) и иными технологиями обезвреживания оставшейся части мусора. В этом случае возможно сокращение объема захоронения отходов на полигоне до 4-20% от изначального объема собранных отходов.

Заключение

В статье рассмотрены технологии переработки ТБО, которые дают возможность реализации и позволяют обеспечить практически полную переработку отходов (рециклинг) с получением различной товарной продукции и полуфабрикатов из вторичного сырья, а также энергетических

ресурсов. Это позволяет практически исключить захоронение отходов на полигонах и свалках, обеспечить высокую экологическую безопасность, санитарно-гигиеническое благополучие территории и населения, фактически получить альтернативные постоянные местным возобновляемые сырьевые и энергетические источники.

Список литературы

1. **Бердымухамедов Г. М.** Государственное регулирование социально-экономического развития Туркменистана. Том 1. А.: Туркменская государственная издательская служба, 2010.
2. **Пенджиев А. М.** Изменение климата и возможности уменьшения антропогенных нагрузок: Монография. — LAMBERT Academic Publishing, 2012. — 166 с.
3. **Пенджиев А. М.** Экологические проблемы освоения пустынь: Монография. — LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. — 226 с.
4. **Стребков Д. С., Пенджиев А. М., Мамедсахатов Б. Д.** Развитие солнечной энергетики в Туркменистане: Монография. — М.: ГНУ ВИЭСХ, 2012. — 496 с.
5. **Кольчев Н. А.** Оптимизация обращения с твердыми бытовыми и близкими к ним по составу промышленными отходами в крупных и средних населенных пунктах России // Биосфера. — 2013. — Т. 5. — № 4. — С. 393—418.
6. **Колошников В. Ю.** О сжигании отходов // Экология производства. — 2012. — № 2. — С. 24—29.
7. **Ласкорин Б. Н., Громов Б. В., Цыганков А. П., Сенин В. Н.** Безотходная технология в промышленности. — М.: Стройиздат, 1986. — 160 с.
8. **Малинин А. М.** Межтерриториальные взаимодействия в сфере обращения с твердыми отходами как фактор регионального развития. Автореф. дисс. ... д-ра экон. наук. — СПб., 2006.
9. **Пенджиев А. М.** План действия и стратегия внедрения возобновляемой энергетики // Альтернативная энергетика и экология — ISJAEЕ. — 2013. — № 16. — С. 39—60.
10. **Проект "Долгосрочная целевая программа по обращению с твердыми бытовыми и промышленными отходами в Санкт-Петербурге"**. Утвержден постановлением Правительства Российской Федерации № 290 от 3 апреля 2013 г. — СПб.: НПО "Центр благоустройства и обращения с отходами", 2013.
11. **Murray R.** Zero waste. — L.: Greenpeace Environmental Trust, 2002. — 213 p.
12. **Allsopp M, Costner P., Johnston P.** Incineration and human health. State of Knowledge of the Impacts of Waste Incinerators on Human Health. Exeter (UK): Greenpeace Research Laboratories, University of, UK, 2000.
13. **Черепов В. А., Новиков Ю. В.** Эколого-гигиенические проблемы обитания человека. — М.: Изд-во РГСУ, 2007.
14. **Пенджиев А. М.** Механизм чистого развития: приоритеты энергоэффективности в Туркменистане // Альтернативная энергетика и экология. — 2009. — № 10 (78). — С. 142—148.
15. **Пенджиев А. М.** Принципы "зеленой" экономики в Туркменистане // Экономический анализ теория и практика. — 2015. — № 29. — С. 23—34.
16. **Пенджиев А. М.** Методы управления "зеленой" экономикой // Государственная служба. — 2015. — № 4. — С. 43—48.
17. **Пенджиев А. М., Пенжиев А. А.** Законодательное обеспечение развития возобновляемой энергетики в Туркменистане // Альтернативная энергетика и экология. — 2011. — № 12. — С. 76—86.



A. M. Penjiyev, Associate Professor, e-mail: ampenjiev@rambler.ru,
Turkmen State Architecturally-Building Institute, Ashgabad, Turkmenistan

"Green" Industrialization: Technology Processing of Firmly Household Waste

Complex technological blocks of the scheme of processing of firmly household waste are put in article basis in the field of "green" industrialisation and savings of resources at the expense of application of highly effective and inexpensive technologies which will reduce a material capacity of a national product, the emissions of polluting substances formed at burning of a waste, to "improve" territories of Turkmenistan. To raise a total national product, and also to solve power, economic, ecological, social questions and possibilities of softening of change of a climate and to be recognised political support of the population for realisation of government programs of a sustainable development of regions and to make active world community parts in the mechanism of pure development of biosphere.

Keywords: a firm household waste, a burial place of a waste, burning of a waste, reselling, pollution of environment

References

1. **Berdymuhamedov G. M.** Gosudarstvennoe regulirovanie sotsialno-ekonomicheskogo razvitiia Turkmenistana. Tom 1. A.: Turkmenskana gosudarstvennaya izdatelskaya sluzhba, 2010.
2. **Penjiyev A. M.** Izmeneniye klimata i vozmozhnosti umensheniya antropogennykh nagruzok: Monografiya. LAMBERT Academic Publishing, 2012. 166 p.
3. **Penjiyev A. M.** Ekologicheskiye problemy osvoyeniya pustyn: Monografiya. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 226 p.
4. **Strebkov D. S., Penjiyev A. M., Mamedsahatov B. D.** Razvitiye solnechnoy energetiki v Turkmenistane: Monografiya. Moscow: GNU WIESH, 2012. 496 p.
5. **Kolyzev N. A.** Optimizatsiya obrasheniya s tverdmimi bytovymi i blizkimi k nim po sostavu promyshlennymi othodami v krupnykh i srednih naselennykh punktakh Rossii. *Biosfera*. 2013. T. 5. No. 4. P. 393—418.
6. **Kolushnikov W. U.** O sjiganii othodov. *Ekologiya proizvodstva*. 2012. No. 2. P. 24—29.
7. **Laskorin B. N., Gromov B. V., Sygankov A. P., Senin V. N.** Bezothodnaya tehnologiya v promyshlennosti. Moscow: Stroyizdat, 1986. 160 p.
8. **Malinin A. M.** Mejterritorialnaye vzaimodeistviya v sfere obrasheniya s tverdymi othodami kak faktor regionalnogo razvitiya. Avtoref. diss. ... dokt. ekon. nauk. Saint-Petersburg, 2006.
9. **Penjiyev A. M.** Sravnitelnyi analiz i utilizatsiya tverdykh bytovykh othodov. *Alternativnaya energetika i ekologiya — IS-JAEE*. 2015. No. 2. P. 44—58.
10. **Proekt** "Dolgosrochnaya selevaya programma po obrasheniya s tverdmimi bytovymi i promyshlennymi othodami v Sankt-Peterburge". Utverjden Postanovleniyem Prawitelstva Rossiyskoy Federatsii № 290 ot 3 aprelya 2013 g. Saint Petersburg: NPO "Sentr blagoustroystva i obrasheniya s othodami", 2012.
11. **Murray R.** Zero waste. Leningrad: Greenpeace Environmental Trust, 2002. 213 p.
12. **Allsopp M., Costner P., Johnston P.** Incineration and human health. State of Knowledge of the Impacts of Waste Incinerators on Human Health. Exeter (UK): Greenpeace Research Laboratories, University of UK, 2000.
13. **Cherpov V. A., Novikov U. V.** Ekologo-gigenicheskoe problem obitanie cheloveka. Moscow: Izdatelstvo RGSU, 2007.
14. **Penjiyev A. M.** Mehanizm chistogo razvitiya: priorityety ergoeffektivnosti v Turkmenistane. *Alternativnaya energetika i ekologiya*. 2009. No. 10 (78). P. 142—148.
15. **Penjiyev A. M.** Prinsipi "zelenoi" ekonomiki v Turkmenistane. *Ekonomicheski analiz teoriya i praktika*. 2015. No. 29. P. 23—34.
16. **Penjiyev A. M.** Metody upravleniya zelenoy ekonomikoy. *Gosudarstvennaya sluzhba*. 2015. No. 4. P. 43—48.
17. **Penjiyev A. M., Penjiyev A. A.** Zakonodatelnoye obespecheniye razvitiya vozobnovlyemoy energetiki v Turkmenistane. *Alternativnaya energetika i ekologiya*. 2011. No. 12. P. 76—86.

УДК 534.322.3 08.006.384

О межгосударственном стандарте ГОСТ 12.1.003—2014 "Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности"

About Interstate Standard GOST 12.1.003—2014 "Occupational Safety Standards System. Noise. General Safety Requirements"

Стандарт "ССБТ. Шум. Общие требования безопасности" принят Межгосударственным Советом по стандартизации, метрологии и сертификации, протокол 5 декабря 2014 г. № 46-2014. Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2014 г. № 2146-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 12.1.003—2014 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 ноября 2015 г. (взамен ГОСТ 12.1.003—83*).

Во введении к данному документу его пользователи могут познакомиться с возможными негативными последствиями воздействия шума на работника в форме тугоухости, переходящей со временем в полную глухоту. Указывается, что внезапные шумы (взрывы, удары и т. п.) могут вызывать как нейросенсорные эффекты, так и физические повреждения слухового аппарата. Сообщается, что нарушение слуха работников некоторых профессий может представлять опасность для других людей. К числу таких профессий относятся, например, пилоты гражданской авиации, водители транспортных средств и др.

Новый стандарт относится к Системе стандартов безопасности труда и входит в комплекс взаимосвязанных стандартов, содержащих требования, нормы и правила, направленные на обеспечение безопасности, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Основной текст стандарта содержит восемь разделов и Приложение А (рекомендуемое).

1. Область применения.
2. Нормативные ссылки.
3. Термины и определения.
4. Гигиеническое нормирование шума и измеряемые величины.
5. Оценка шума на рабочем месте.
6. Меры по защите работников от воздействия шума.
7. Измерения шума на рабочем месте.
8. Испытания машин с целью заявления шумовой характеристики.

В разделе 1. **Область применения** устанавливаются принципы обеспечения безопасности и сохранения здоровья работников, подвергающихся

вредному воздействию конкретного вида потенциально опасного и вредного производственного фактора, а именно повышенного уровня шума на рабочем месте. Стандарт устанавливает общие требования к оценке этого воздействия.

В примечании 1 раздела 1 констатируется, что работодатель самостоятельно или совместно с работником принимает решение о дополнительных мерах по обеспечению безопасности в случае возникновения ситуации, выходящей за пределы нормальных условий рабочего процесса и не поддающейся прогнозированию, когда работник подвергается повышенному риску потери или ухудшения слуха. Говорится, что стандарт распространяется на все рабочие места и условия шумового воздействия (производство, транспорт, строительство, горные и другие работы), а основные положения его должны учитываться при гигиеническом нормировании шума.

В разделе 2. **Нормативные ссылки** приводится перечень из шести основных стандартов, на которые имеются ссылки в настоящем стандарте.

В разделе 3. **Термины и определения** приводятся 26 терминов с определениями, сгруппированных в три группы: 3.1. Общие определения; 3.2. Шум на рабочем месте; 3.3. Шум машин.

Группа терминов и определений 3.1. **Общие определения** содержит пять терминов: 1. Шум. 2. Звуковое давление. 3. Эквивалентный уровень звукового давления. 4. Эквивалентный уровень звука (с частотной коррекцией А). 5. Диапазон слышимых частот. Первый и пятый основополагающие термины связаны друг с другом и могут рассматриваться вместе.

3.1.1. **Шум**: звуковые колебания в диапазоне слышимых частот, способные оказать вредное воздействие на безопасность и здоровье работника.

Примечание 2 раздела 1 предварительно разъясняет, что диапазон слышимых частот включает в себя третьоктавные полосы по ГОСТ 17168—83 со среднегеометрическими частотами от 25 до 10 000 Гц. (Фактические среднегеометрические значения частот 1/3 октавных полос: 25, 31,5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000, 10 000 — всего 27 полос). Качественное



физиологическое содержание определения термина диапазона слышимых частот без численных граничных значений приводится в конце описания первой группы терминов 3.1.1. Шум.

3.1.5. *Диапазон слышимых частот*: диапазон частот звуков, воспринимаемых и различаемых отолитически нормальными лицами.

Из определения 3.1.1 следует, что в рамках рассматриваемого стандарта под шумом понимается абсолютно любой звук, оказывающий на человека негативное воздействие (физиологическое, психологическое и др.). В каком-то смысле возникает аналогия. Атмосфера, с точки зрения акустического климата, это звуковая сфера. А шумовая сфера в атмосфере является частью звуковой сферы, также как техносфера является частью биосферы (нижнего слоя атмосферы). Хочется отметить, что это первое удачное в своей лаконичности и лапидарности определение в рамках БЖД, которое характеризует термин шум с чисто нокологических позиций. Физиологический термин четко выделен из числа физико-технических терминов независимо от природы шума, его происхождения и спектральной структуры (чистый гармонический камертон, речь, музыка, белый и розовый шум, шум механический, аэродинамический, гидродинамический, электромагнитный и т. д.).

Три оставшихся термина группы 3.1 представляют собой основные параметры, характеризующие звук как физическую величину, измеряемую с помощью приборов. К числу этих параметров относятся: звуковое давление, эквивалентный уровень звукового давления и эквивалентный уровень звука (с частотной коррекцией А).

В рассматриваемом стандарте за основу берется мгновенное значение звукового давления. К сожалению, не разъясняется, что под этим следует понимать. Определение термина звуковое давление встречается во многих стандартах, в частности например, ГОСТ 31252—2004, ГОСТ Р ИСО 3743-1—2013, ГОСТ ISO 3745—2014, ГОСТ Р 3746—2013.

Перечисленные стандарты содержат три термина с определениями, использованными в рассматриваемом стандарте: звуковое давление (sound pressure); уровень звукового давления (sound pressure level) и эквивалентный уровень звукового давления (time-averaged sound pressure level). Необходимо отметить, что в данном стандарте статус термина получили только два из них: звуковое давление и эквивалентный уровень звукового давления. Уровень звукового давления представлен в рассматриваемом стандарте только как вспомогательная, второстепенная характеристика, лишённая статуса термина. Видимо, этому есть объяснение. Может быть это связано с тем, что некоторые значения мгновенного звукового давления могут равняться нулю, что недопустимо под знаком логарифма. Вот как основополагающие характеристики представлены в рассматриваемом стандарте.

3.1.2. *Звуковое давление* p , Па: разность между мгновенным и статическим давлениями воздушной среды. В примечании к этому термину приводится выраже-

ние его логарифмического уровня $L_p = 10 \lg \frac{p^2}{p_0^2}$ в дБ,

где $p_0 = 20$ мкПа — опорное значение звукового давления. Переход к логарифмическим величинам традиционно объясняется двумя причинами: 1) очень большое отношение, примерно 10^6 , максимального к минимальному значению звукового давления, воспринимаемого ухом человека; 2) интенсивность ощущения пропорциональна логарифму раздражения (Закон Вебера—Фехнера). Бросается в глаза один факт. Под знаком логарифма в числителе отношения стоит величина, размерность которой Па. В знаменателе отношения находится опорное значение той же величины, размерность которой мкПа. Непонятно, почему стандарт рекомендует в числителе основную единицу измерения, а в знаменателе дольную. Далее в том же примечании сообщается, что поскольку звуковое давление p и уровень звукового давления L_p являются величинами, изменяющимися во времени, для описания шумового воздействия на временном интервале $T = t_2 - t_1$ используют средний по этому интервалу уровень звукового давления, называемый эквивалентным уровнем звукового давления. Слово эквивалентный (латинского происхождения) означает равный по величине. Чему равен по величине этот параметр, в рассматриваемом стандарте не указано. Понять физический смысл прилагательного эквивалентный можно только при наличии таких понятий как постоянный и непостоянный шум. Но эти термины отсутствуют в стандарте, поэтому смысл эквивалентный в соответствующем термине придется принять в отрыве от физического смысла в том виде, который приводится в определении к этому термину.

3.1.3. *Эквивалентный уровень звукового давления* $L_{p,T}$, дБ: десятикратный десятичный логарифм отношения усредненного на заданном временном интервале T (с началом t_1 и окончанием t_2) квадрата звукового давления p к квадрату опорного звукового давления p_0 ($p_0 = 20$ мкПа)

$$L_{p,T} = 10 \lg \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt}{p_0^2} \right]. \quad (1)$$

Определение термина из первой группы 3.1. Общие определения — эквивалентный уровень звука (с частотной коррекцией А) взято из ГОСТ ISO 9612—2013, в котором он звучит как "эквивалентный уровень звука (A-weighted equivalent continuous sound pressure level)". В ГОСТ 17187—2010 данную величину вообще называют иначе: "средний по времени уровень звука" и "эквивалентный непрерывный уровень звука". Это важно, поскольку в рассматриваемом стандарте этой характеристике присвоен еще один вариант терминологического названия, которое звучит следующим образом.

3.1.4. *Эквивалентный уровень звука* (с частотной коррекцией А) $L_{pA,T}$, дБ: десятикратный десятичный логарифм отношения усредненного на заданном временном интервале T (с началом t_1 и окончанием t_2)

квадрата звукового давления, скорректированного по частотной характеристике A , p_A к квадрату опорного звукового давления p_0 ($p_0 = 20$ мкПа)

$$L_{pA,T} = 10 \lg \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt}{p_0^2} \right]. \quad (2)$$

Группа терминов и определений **3.2 Шум на рабочем месте** включает восемь позиций: 1) оценка шумового воздействия (на работника); 2) гигиенический норматив (по шуму); 3) эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день; 4) пиковый уровень звука с частотной коррекцией C ; 5) номинальный (рабочий) день; 6) импульс (шума); 7) импульсный шум; 8) тональный шум. Шесть терминов имеют определения чисто ознакомительно-описательного характера и здесь не рассматриваются. Два термина относятся к величинам, используемым в целях оценки шума на рабочем месте и нормирования. Первый из них (оценка шумового воздействия на работника) заимствован из стандарта ГОСТ ISO 9612—2013. В рассматриваемом стандарте термин 3 звучит следующим образом.

3.2.3. Эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день $L_{EX,8h}$, дБ: величина, используемая в целях нормирования и оценки шума на рабочем месте, определяется следующим образом:

$$L_{EX,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left[\frac{T_e}{T_0} \right], \quad (3)$$

где L_{p,A,eqT_e} — эквивалентный уровень звука, определенный в соответствии с ГОСТ ISO 9612—2013 и рассматриваемым стандартом для номинального рабочего дня, характеризующегося временным интервалом T_e , дБ; T_e — эффективная длительность номинального рабочего дня, ч; T_0 — базовая длительность рабочего дня, равная 8 ч.

Смысл формулы (3) достаточно понятен. Если взять крайние значения эффективной длительности номинального рабочего дня, то при $T_e = T_0$ эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день будет равен эквивалентному уровню звука. А, например, при $T_e = 0,017$ ч эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день соответственно уменьшится на 27 дБ по сравнению с эквивалентным уровнем звука. Дальнейшее сокращение эффективной длительности номинального рабочего дня неминуемо приводит к следующей терминологической величине, которая также заимствована из ГОСТ ISO 9612—2013, где она называется "корректированный по C пиковый уровень звука (C -weighted peak sound pressure level)". В рассматриваемом стандарте этот термин и особенно его определение звучат несколько иначе.

3.2.4. Пиковый уровень звука с частотной коррекцией C $L_{p,Cpeak}$, дБ: величина, используемая в целях

нормирования и оценки шума на рабочем месте и определяемая как

$$L_{p,Cpeak} = 10 \lg \frac{p_{Cpeak}^2}{p_0^2}, \quad (4)$$

где p_{Cpeak} — пиковое значение звукового давления, скорректированного по частотной характеристике C , на интервале времени T_e , определенное в соответствии с ГОСТ ISO 9612—2013 и рассматриваемым стандартом, мкПа; $p_0 = 20$ мкПа.

Нельзя не обратить внимание на то, что в этой формуле впервые рекомендуется одинаковая размерность мкПа и в числителе, и в знаменателе отношения, стоящего под знаком логарифма.

Наиболее информативна третья терминологическая группа **3.3. Шум машин** содержит тринадцать терминов с определениями, из которых шесть представляют собой формулы, характеризующие звуковую энергию, излучаемую оборудованием, транспортным средством, производящим шум сооружением и т.п. Остальные семь являются терминами ознакомительно-описательного характера, не содержащими количественных оценок: шумовая характеристика (машины); испытательный код по шуму; рабочий цикл (машины); контрольная точка (машины); эквивалентный уровень звука излучения; однократный шумовой процесс; показатель направленности.

Основными параметрами, количественно характеризующими излучение звуковой энергии шумящих машин, являются: эквивалентный уровень звука излучения и пиковый уровень звука излучения с частотной характеристикой C . Их определения приведены в ГОСТ 30683—2000, из которого они использованы в рассматриваемом стандарте с некоторой модификацией и определений, и терминов.

3.3.5. Эквивалентный уровень звука излучения, $L_{pA,em}$, дБ: эквивалентный уровень звука, определенный в контрольной точке на заданном интервале времени при работе машины в заданных условиях в заданном режиме, с внесенными поправками на акустические условия испытаний. Формула определения этого параметра в данном стандарте, к сожалению, не приводится.

3.3.6. Пиковый уровень звука излучения с частотной характеристикой C $L_{p,Cpeak,em}$, дБ: величина, используемая в качестве шумовой характеристики машины и определяемая как

$$L_{p,Cpeak,em} = 10 \lg \frac{p_{Cpeak}^2}{p_0^2}, \quad (5)$$

где p_{Cpeak} — пиковое значение звукового давления излучения, скорректированного по частотной характеристике C , на заданном интервале времени, мкПа; $p_0 = 20$ мкПа.

Значение индекса em в рассматриваемом стандарте не приводится. Можно предположить, что это начало слова эманация? (Emanation — истечение, излучение).

При непродолжительном шумовом событии, характерном для работы машины в нормальных



условиях ее применения и называемом однократным шумовым процессом, ГОСТ Р ИСО 3743-1—2013 предусмотрен параметр: уровень экспозиции однократного шумового процесса (single event time-integrated sound pressure level), который практически без изменений использован в рассматриваемом стандарте.

3.3.8. *Уровень экспозиции однократного шумового процесса* L_E , дБ: десятикратный десятичный логарифм отношения интегрированного на заданном временном интервале T (с началом t_1 и окончанием t_2) квадрата звукового давления p отдельного шумового события (импульса или переходного процесса) к опорному значению дозы шума E_0 [$E_0 = (20 \text{ мкПа})^2 \cdot \text{с} = 4 \cdot 10^{-10} \text{ Па}^2 \cdot \text{с}$]

$$L_E = 10 \lg \left[\frac{\int_{t_1}^{t_2} p^2(t) dt}{E_0} \right]. \quad (6)$$

В этой формуле приводится понятие опорного значения дозы шума E_0 , но в стандарте отсутствует термин доза шума, определение которому было дано в ГОСТ 12.1.003—83*: доза шума — интегральная величина, учитывающая акустическую энергию, воздействующую на человека, за определенный период времени.

Параметры, описывающие энергетический аспект звука шумящей машины, взяты из ГОСТ Р ИСО 3743-1—2013, это: звуковая мощность (через поверхность) (sound power); уровень звуковой мощности (sound power level); звуковая энергия (sound power); уровень звуковой энергии (sound energy level).

3.3.9. *Звуковая мощность* W , Вт: интеграл по поверхности s от произведения звукового давления p и составляющей скорости u_n колебаний частицы среды на поверхности s , нормальной к этой поверхности,

$$W = \int_s p(s) u_n(s) ds. \quad (7)$$

Данный параметр используют для описания интенсивности излучения звуковой энергии источником в среду через поверхность s . Вот только параметр интенсивность звука в данном стандарте отсутствует.

3.3.10. *Уровень звуковой мощности* L_W , дБ: десятикратный десятичный логарифм отношения звуковой мощности W к опорной звуковой мощности W_0 ($W_0 = 1 \text{ пВт}$)

$$L_W = 10 \lg \frac{W}{W_0}. \quad (8)$$

В случае применения коррекции в обозначение L_W добавляется подстрочный индекс, например L_{WA} .

3.3.11. *Звуковая энергия* J , Дж: интеграл от звуковой мощности W на заданном временном интервале T (с началом t_1 и окончанием t_2)

$$J = \int_{t_1}^{t_2} W(t) dt. \quad (9)$$

3.2.12. *Уровень звуковой энергии* L_J , дБ: десятикратный десятичный логарифм отношения звуковой энергии J к опорной звуковой энергии J_0 ($J_0 = 1 \text{ пДж}$)

$$L_J = 10 \lg \frac{J}{J_0}. \quad (10)$$

В обозначение этой величины в случае применения коррекции добавляется подстрочный индекс, например L_{JA} .

Раздел 4. **Гигиеническое нормирование шума и измеряемые величины** включает четыре подраздела: 1. Действие шума на организм работника; 2. Принципы гигиенического нормирования; 3. Нормируемые и измеряемые величины; 4. Подход к обеспечению безопасности шумового воздействия на основе оценки риска.

В подразделе 4.1. **Действие шума на организм работника** в части 4.1.1. *Общие положения* подчеркивается, что основным профессиональным заболеванием при воздействии шума является тугоухость. Приводится ее классификация: кондуктивная, нейросенсорная или перцептивная и смешанная. В части 4.1.2. *Кумулятивный эффект шумового воздействия* говорится, что воздействие шума носит кумулятивный (накопительный) характер. Риск возникновения тугоухости зависит от уровня шума на рабочем месте и стажа работы. В части 4.1.3. *Зависимость от вида шума* излагается идея, что для выравнивания уровня шума по вредности воздействия на разных частотах используется коррекция по частотной характеристике А. В части 4.1.4. *Воздействие шума высокого уровня* отмечается, что шум очень высокой интенсивности вызывает болезненное ощущение и может приводить к травме. Для выравнивания кривой болезненного ощущения на разных частотах используется коррекция по частотной характеристике С.

В подразделе 4.2. **Принципы гигиенического нормирования** приводятся требования к показателям безопасности шумового воздействия на работника. Декларируется, что нормирование шума на рабочем месте заключается в установлении для выбранного показателя такого предельного значения, чтобы в ситуации, когда значения показателя ниже предельного, риск профессионального заболевания был приемлемым. К сожалению, в рассматриваемом стандарте не приводятся гигиенические нормы или ссылки на них. Зато даются рекомендации на то, какими они должны быть.

В подразделе 4.3. **Нормируемые и измеряемые величины** в части 4.3.1. *Общие положения* утверждается, что предельно допустимые значения нормируемых величин (гигиенические нормативы по шуму) устанавливаются национальным законодательством. В части 4.3.2. *Эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день* $L_{EX,8h}$ подчеркивается,

что данный показатель в идеале должен представлять собой средний по стажу работы эквивалентный уровень звука. Чтобы результат реального измерения был близок к "идеальному" значению, измерение рекомендуется проводить для номинального рабочего дня в предположении, что весь стаж работ будет накоплен на одном рабочем месте. Для описания риска получения акустической травмы используют описанный в части 4.3.3. *Пиковый уровень звука с частотной коррекцией* $L_{p,Cpeak}$. В части 4.3.4. *Измерения уровня звукового давления в полосах частот* самой интересной информацией является сообщение о том, что уровни звукового давления в полосах частот нормировать не рекомендуется. Но измерять уровни звукового давления в октавных полосах частот можно для следующих целей: для правильного диагностирования вида профессиональной тугоухости, для выбора методов и средств снижения шума на рабочем месте, для подбора СИЗ. В части 4.3.5. *Поправки, вносимые в случае импульсного или тонального шума*, предлагается национальному законодательству установить требование вносить в результат измерения $L_{EX,8h}$, прежде чем сравнивать его с нормой, поправку на импульсность или тональность.

В подразделе 4.4. *Подход к обеспечению безопасности шумового воздействия на основе оценки риска* высказывается мнение, что оценивание риска потери слуха для конкретного работника является более адресным подходом ограничения вредного воздействия шума, чем гигиеническое нормирование.

Раздел 5. *Оценка шума на рабочем месте* включает три подраздела: 1. Общие положения; 2. Оценка кумулятивного действия шума; 3. Оценка травмирующего действия шума.

В подразделе 5.1. *Общие положения* разъясняется смысл понятия оценки шума на рабочем месте, которое сводится к сопоставлению измеренной величины с гигиенической нормой и принятию решения о безопасности на рабочем месте от шумового воздействия. Результат измерения должен сопровождаться параметром неопределенности, который учитывают при оценке шума. Ознакомиться с понятием неопределенности измерения можно в разделе 7 стандарта. Но оперирование этим параметром начинается уже в подразделе 5.2.

В подразделе 5.2. *Оценка кумулятивного действия* указывается, что для большинства рабочих мест применение метода измерений по ГОСТ ISO 9612—2013 позволяет получить значение $L_{EX,8h}$ со стандартной неопределенностью $u(L_{EX,8h})$, не превышающей 3 дБ. Поэтому для оценки кумулятивного действия шума можно руководствоваться следующими правилами:

а) если рассчитанное значение $u(L_{EX,8h}) < 3$ дБ, то с гигиенической нормой сравнивают $L_{EX,8h}$;

б) если $u(L_{EX,8h}) > 3$ дБ, то с гигиенической нормой сравнивают величину $(L_{EX,8h})'$, которую при организации измерения работодателем определяют по формуле

$$(L_{EX,8h})' = L_{EX,8h} + 1,65[u(L_{EX,8h}) - 3], \quad (11)$$

а если измерение производит надзорный орган, то по формуле

$$(L_{EX,8h})' = L_{EX,8h} - 1,65[u(L_{EX,8h}) - 3]. \quad (12)$$

Здесь говорится о рассчитанном значении стандартной неопределенности, которое может быть и меньше 3 дБ, и больше. Только не приведена расчетная формула и не даны ссылки на соответствующие расчетные материалы.

В подразделе 5.3. *Оценка травмирующего действия шума* утверждается, что условия труда являются безопасными, если сумма значения $L_{p,Cpeak}$ (см. п. 3.2.4) и величины $1,65u(L_{p,Cpeak})$, где $u(L_{p,Cpeak})$ — стандартная неопределенность измерения $L_{p,Cpeak}$ (см. п. 7.2.2) меньше гигиенической нормы.

Раздел 6. *Меры по защите работников от воздействия шума* включает шесть подразделов: 1. Общие положения; 2. Ответственность работодателя; 3. Ответственность работника; 4. Ответственность изготовителей (поставщиков) машин; 5. Ответственность изготовителей средств защиты от шума; 6. Проверки с участием сторонних организаций и органов надзора.

В подразделе 6.1. *Общие положения* констатируется, что безопасность является комплексным мероприятием с участием разных сторон. Далее говорится о мерах, предъявляемых к сторонам при несоблюдении установленных требований. Забегая вперед, хочется понять, о какой ответственности идет речь: моральной, этической, административной, уголовной?

Самая большая ответственность за безопасность работника лежит на работодателе. Именно эта мысль подчеркивается в подразделе 6.2. *Ответственность работодателя*. Он обязан обеспечить соблюдение гигиенических нормативов и снижение риска последствий воздействия шума. Для реализации этих обязанностей предлагаются 14 конкретных мероприятий, а для более подробного их изучения пользователь стандарта отсылается к руководству МОТ и ряду международных стандартов. В качестве нежелательной, но вынужденной меры допускается использование СИЗ. Но если риск от ношения СИЗ превышает риск развития тугоухости, то СИЗ применять нельзя. Предприниматель обязан разработать, с привлечением профильных специалистов (медиков, конструкторов, технологов, акустиков и др.), правила ведения безопасных работ, эффективность выполнения которых оценивают соответствующие организации при периодическом контроле.

В подразделе 6.3. *Ответственность работника* говорится, что последний обязан следовать требованиям правил ведения безопасных работ и использовать СИЗ от шума. В противном случае вся ответственность ляжет на работника.

В подразделе 6.4. *Ответственность изготовителей (поставщиков) машин* содержится призыв к конструкторам и изготовителям машин, производящим шум, учитывать последние достижения технологии и проектирования, позволяющие снизить излучаемый



шум. Сообщается как факт, что изготовитель в эксплуатационных документах приводит значения шумовой характеристики машины. При этом если машина предполагает наличие оператора, то заявляемыми шумовыми характеристиками могут являться:

$L_{pA,em}$ — эквивалентный уровень звука излучения (п. 3.3.5);

$L_{p,Cpeak,em}$ — пиковый уровень звука излучения с частотной характеристикой C (п. 3.3.6);

L_E — уровень экспозиции однократного шумового процесса (п. 3.3.8).

Если конструкция машины не предполагает наличия оператора, то в качестве шумовых характеристик могут использоваться:

L_{WA} — уровень звуковой мощности с коррекцией по частотной характеристике A (примечание к п. 3.3.10);

L_{JA} — уровень звуковой энергии с коррекцией по частотной характеристике A (примечание к п. 3.3.12).

Если излучение является направленным, то в число заявленных характеристик включают показатель направленности D_I (п. 3.3.13).

В подразделе **6.5. Ответственность изготовителей средств защиты от шума** приводятся краткие сведения о том, что относится к средствам защиты от шума: изолированные или встроенные элементы конструкции производственного помещения (экраны, перегородки, кабины и т. п.) и СИЗ органа слуха (противошумы). Констатируется, что изготовители указывают значения акустических характеристик своих изделий, а также способы и условия их применения в технической (эксплуатационной) документации. Непонятно в чем, собственно, заключается ответственность изготовителей?

В подразделе **6.6. Проверки с участием сторонних организаций и органов надзора** дается юридическая справка о том, что порядок проведения проверок условий труда устанавливается национальным законодательством, а сами проверки осуществляются с привлечением специализированных сторонних организаций и органов надзора.

Раздел **7. Измерение шума на рабочем месте** включает три подраздела: 1. Общие положения; 2. Измерения; 3. Сопоставление результатов измерений, выполненных разными испытательными лабораториями.

В подразделе **7.1. Общие положения** еще раз подчеркивается, что существуют две основные характеристики, которые необходимо измерять для оценки воздействия шума на работника:

$L_{EX,8h}$ — эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день (п. 3.2.3);

$L_{p,Cpeak}$ — пиковый уровень звука с частотной коррекцией C (п. 3.2.4).

Испытательная лаборатория, выполняющая измерение на рабочем месте, должна сначала проанализировать рабочую обстановку на рабочем месте и уже по результатам анализа определить номинальный (представительный) рабочий день для проведения измерений, предварительно разработав стратегию процедуры измерений.

Подраздел **7.2. Измерения** состоит из двух частей.

В части **7.2.1. Измерения $L_{EX,8h}$** показано, что при определении этой характеристики номинальный рабочий день обычно соответствует реальному представителю рабочему дню, нескольким представительным рабочим дням или искусственному сочетанию фрагментов разных рабочих дней. Измерения и расчет неопределенности измерения производятся по ГОСТ ISO 9612—2013.

В части **7.2.2. Измерения $L_{p,Cpeak}$** отмечается, что перед проведением измерений этой характеристики необходимо установить, какие производственные процессы имеют наибольший уровень звука с коррекцией по частотной характеристике C . Номинальный рабочий день должен быть искусственно сконструирован таким образом, чтобы в него вошло несколько шумовых событий. Число N событий в течение номинального рабочего дня должно быть не менее пяти. Результаты измерений каждой i -й операции ранжируются в порядке возрастания от $(L_{p,Cpeak})_{\min}$ до $(L_{p,Cpeak})_{\max}$. В качестве результата измерения принимается $(L_{p,Cpeak})_{\max}$, дБ. При корректном выполнении анализа рабочей обстановки для расчета стандартной неопределенности $u(L_{p,Cpeak})$ принимают во внимание три источника (как и для $L_{EX,8h}$):

1) изменчивость $L_{p,Cpeak}$ по выборке, стандартная неопределенность u_1 , дБ

$$u_1 = \frac{(L_{p,Cpeak})_{\max} - (L_{p,Cpeak})_{\min}}{N + 2}; \quad (13)$$

2) инструментальная стандартная неопределенность u_2 имеет три значения 1,4; 3,0; 3,0 дБ;

3) при выборе контрольной точки стандартная неопределенность $u_3 = 1$ дБ, эта величина связана с выбором положения микрофона.

Суммарная стандартная неопределенность $u(L_{p,Cpeak})$, дБ, рассчитывается по формуле

$$u(L_{p,Cpeak}) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2}. \quad (14)$$

Подраздел **7.3. Сопоставление результатов измерений, выполненных разными испытательными лабораториями** рассматривает ситуацию, при которой измерения проводятся разными испытательными лабораториями. При этом результаты могут привести к разным выводам в отношении гигиенического норматива. В стандарте рассматриваются три возможных исхода:

1) принимается результат аккредитованной лаборатории среди прочих;

2) если две лаборатории аккредитованы и выполняется условие

$$\left| (L_{EX,8h})_1 - (L_{EX,8h})_2 \right| \leq 2\sqrt{u_1^2(L_{EX,8h}) + u_2^2(L_{EX,8h})}, \quad (15)$$

то за окончательный результат принимают значение, полученное по формуле:

$$L_{EX,8h} = \frac{(L_{EX,8h})_1 [u_2(L_{EX,8h})]^2 + (L_{EX,8h})_2 [u_1(L_{EX,8h})]^2}{[u_2(L_{EX,8h})]^2 + [u_1(L_{EX,8h})]^2}, \quad (16)$$

где $(L_{EX,8h})_1$ и $(L_{EX,8h})_2$ — результаты измерения $L_{EX,8h}$, полученные лабораториями; $u_1(L_{EX,8h})$ и $u_2(L_{EX,8h})$ — заявленные лабораториями неопределенности $L_{EX,8h}$.

3) если условие (15) не выполняется, рекомендуется воспользоваться услугами третьей аккредитованной испытательной лаборатории, чьи измерения будут приняты в качестве окончательных.

Раздел 8. Испытания машин с целью заявления шумовой характеристики не содержит подразделов, но содержит информацию об испытаниях машин, установленных стационарно, а также перемещаемых или передвигающихся в ходе производства работ. Здесь же говорится, что данный стандарт не распространяется на транспортные средства конкретного вида. Подчеркивается, что информация о шумовой характеристике машины используется в разных аспектах обеспечения безопасности при воздействии шума, в том числе в целях:

- сравнения шума разных машин одного вида;
- организации рабочих мест, удовлетворяющих гигиеническим нормам;
- оценки эффективности реализации решений по снижению шума машины.

Заявление шумовой характеристики машины по результатам измерений излучаемого шума является обязанностью изготовителя (поставщика). В состав шумовой характеристики входят измеренная величина, характеризующая излучение шума машины, и характеристика неопределенности измерения. Измерения проводят по испытательному коду по шуму, а при его отсутствии — по соответствующему нормативному документу.

В примечании к разделу 8 приводится классификация методов испытаний на шум, которые подразделяются на точные, технические и ориентировочные.

Самой заформулированной частью стандарта является **Приложение А (рекомендуемое) Проведение измерений и расчет поправок к эквивалентному уровню звука за 8-часовой день $L_{EX,8h}$ при наличии импульсных и тональных шумов**. Приложение содержит три раздела: 1. Общие положения; 2. Определение поправки на тональный шум K_T ; 3. Определение поправки на импульсный шум K_I .

В разделе **А.1. Общие положения** сообщается, что если в шуме на рабочем месте имеются импульсные или тональные шумы, то величина, сопоставляемая с гигиеническими нормативами, получается в два этапа. На первом этапе измеряют $L_{EX,8h}$ с соответствующей суммарной стандартной неопределенностью $u(L_{EX,8h})$. На втором этапе рассчитывают поправки K_I на импульсный или K_T на тональный

шум. С гигиеническим нормативом сравнивают $(L_{EX,8h} + K_I)$ или $(L_{EX,8h} + K_T)$. Если присутствуют одновременно и тональный, и импульсный шум, выбирают большую поправку.

Раздел **А.2. Определение поправки на тональный шум K_T** содержит три подраздела: 1. Анализ акустической обстановки; 2. Измерение шума на рабочем месте и расчет K_T ; 3. Неопределенность измерения.

В подразделе **А.2.1. Анализ акустической обстановки** представлен как составная часть анализа рабочей обстановки, при котором выполняют измерения с целью обнаружения тонального шума. Если громкость и частота тона постоянны, то продолжительность измерения рекомендуется не менее 1 мин. Если громкость со временем меняется, то продолжительность измерения рекомендуется достаточно большой (?). Если со временем меняется частота тона, то измерения не проводятся. Для выяснения наличия тонального шума в ходе измерений определяют эквивалентный уровень звукового давления $L_{p,T}$. Учет поправки на тональный шум производится, если для какой-либо третьоктавной полосы результат превышает смежные полосы на величины, указанные ниже:

15 дБ — для третьоктавных полос со среднегеометрическими частотами 25...125 Гц;

8 дБ — для третьоктавных полос со среднегеометрическими частотами 160...400 Гц;

5 дБ — для третьоктавных полос со среднегеометрическими частотами 500...10 000 Гц.

В подразделе **А.2.2. Измерение шума на рабочем месте и расчет K_T** предлагается определять поправку на тональный шум в дБ по формуле

$$K_T = 10 \lg \left[1 + \frac{T_T}{T_0} \right], \quad (A.1)$$

где T_T — время воздействия на работника тонального шума в течение номинального рабочего дня, ч.; T_0 — базовая длительность рабочего дня, равная 8 ч.

В подразделе **А.2.3. Неопределенность измерения** утверждается следующее. Если для $L_{EX,8h}$ рассчитана $u(L_{EX,8h})$ и известна $u(T_T)$ для T_T , то суммарная стандартная неопределенность $u(L_{EX,8h} + K_T)$, учитывающая поправку K_T , вычисляется по формуле

$$u(L_{EX,8h} + K_T) = \sqrt{u^2(L_{EX,8h}) + \frac{18,86}{(T_0 + T_T)} u^2(T_T)}. \quad (A.2)$$

В большинстве случаев неопределенностью, связанной с поправкой K_T , предлагается пренебречь и принять $u(L_{EX,8h} + K_T) = u(L_{EX,8h})$.

Раздел **А.3. Определение поправки на импульсный шум K_I** содержит пять подразделов: 1. Общие положения; 2. Анализ рабочей обстановки; 3. Измерение и обработка сигналов; 4. Вычисление K_I ; 5. Неопределенность измерения.

В подразделе **А.3.1. Общие положения** отмечается, что при определении K_I помимо $L_{EX,8h}$ необходимо определять и $L_{EX,8h,b}$ — эквивалентный уровень



звука за 8-часовой рабочий день, из которого исключен импульсный шум. Исключение предлагается учитывать одним из двух способов. Способ 1 возможен тогда, когда временные интервалы между импульсами достаточны для измерения $L_{EX,8h,b}$. Способ 2 реализуют при использовании средств измерений, позволяющих записывать и сохранять временной сигнал уровня звукового давления.

В подразделе А.3.2. *Анализ рабочей обстановки* еще раз подчеркивается, что способ 1 выбирается, когда можно произвести измерения и $L_{EX,8h}$ и $L_{EX,8h,b}$. В противном случае анализ рабочей обстановки не отличается от процедуры, изложенной в ГОСТ Р ИСО 9612—2013.

Процедура измерения сигналов по каждому способу представлена в подразделе А.3.3. *Измерения и обработка сигналов*.

В части А.3.3.1 Способ 1 изложение фактически сводится к следующему резюме. В целях расчета поправки K_I измеренные отдельно данные по $L_{EX,8h}$ и $L_{EX,8h,b}$ определяют с точностью до двух десятичных знаков после запятой. В части А.3.3.2 Способ 2 предлагается просто произвести измерение $L_{EX,8h}$. По полученной реализации выявляют участки, на которых выполняется условие

$$L_{pA,I} - L_{pA,S} \geq 7, \quad (A.3)$$

где $L_{pA,I}$ — уровень звука, измеренный при характеристике I ("импульс"); $L_{pA,S}$ — уровень звука, измеренный при характеристике S ("медленно").

Подраздел А.3.4. *Вычисление K_I* содержит две формулы. Первая для вычисления величины h , дБ

$$h = L_{EX,8h} - L_{EX,8h,b}. \quad (A.4)$$

Вторая для вычисления поправки на импульсный шум

$$K_I = 10 \lg(3,16 - 2,16 \cdot 10^{-0,1h}). \quad (A.5)$$

В последнем подразделе А.3.5. *Неопределенность измерения* сообщается, что процедуры подразделов А.3.4 и А.3.5 не вносят неопределенность в измерения, т. е. $u(L_{EX,8h} + K_I) = u(L_{EX,8h})$, как и в подразделе А.2.3.

Автор статьи не имел намерений подвергать рассмотрению ГОСТ 12.1.003—2014 критическому анализу. Единственная цель публикации — показать, как новый стандарт может быть воспринят рядовым пользователем.

В. С. Ванаев, канд. техн. наук,
доц. кафедры "Экология и промышленная
безопасность" МГТУ им. Н. Э. Баумана
e-mail: vvanaev@mail.ru

23-25 ноября

г. Нижневартовск
Дворец Искусств, ул. Ленина, 7

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

НИЖНЕВАРТОВСК НЕФТЬ. ГАЗ-2016

Организаторы:
Администрация г. Нижневартовска,
Нижневартовская торгово-промышленная палата,
ООО "Выставочная компания Сибэкспосервис", г. Новосибирск

Телефон/факс:
(383) 335-63-50

E-mail: vkases@yandex.ru
www.ses.net.ru

Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

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

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

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

Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Т. В. Пчелкина*

Сдано в набор 03.08.16. Подписано в печать 19.08.16. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ1016.

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания

и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3762 от 20.06.2000.

Оригинал-макет ООО "Авансед солюшнз".

Отпечатано в ООО "Авансед солюшнз". 119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: www.aov.ru