



БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Издается с января 2001 г.

Редакционный совет:

АГОШКОВ А. И., д.т.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)
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:

АЛБОРОВ И. Д., д.т.н., проф.
БЕЛИНСКИЙ С. О., к.т.н., доц.
ВАСИЛЬЕВ А. В., д.т.н., проф.
ЗАБОРОВСКИЙ Т., д.т.н., проф.
(Польша)
ИВАНОВ Н. И., д.т.н., проф.
КАЧУРИН Н. М., д.т.н., проф.
КИРСАНОВ В. В., 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.
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.
СИДОРОВ А. И., д.т.н., проф.
ТОПОЛЬСКИЙ Н. Г., д.т.н., проф.
ФИЛИН А. Э., д.т.н., доц.
ФРИДЛАНД С. В., д.х.н., проф.
ШВАРЦБУРГ Л. Э., д.т.н., проф.

11(203)
2017

СОДЕРЖАНИЕ

ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Красногорская Н. Н., Нафикова Э. В., Корнеева А. О., Белозерова Е. А.** Обоснование выбора экологических строительных материалов для утепления стен жилых домов 3
Кусова И. В., Хайбуллина А. Н. Обеспечение экологической безопасности при функционировании очистных сооружений нефтеперерабатывающего завода 10
Михайлова Н. Н., Сираева И. Н., Злотский С. С. К вопросу очистки нефти и нефтепродуктов от сероводорода 16

МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- Сафаров А. М., Хатмуллина Р. М., Сафарова В. И., Шайдулина Г. Ф.** Ранжирование аварийных ситуаций на нефте- и продуктопроводах по степени их воздействия на окружающую среду 20
Фатьянова Е. В., Хатмуллина Р. М., Галактионова Е. Б., Яппарова Г. Р., Сафарова В. И. Органические соединения в донных отложениях реки Белой 25

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

- Красногорская Н. Н., Эйдемиллер Ю. Н., Козбанова Е. А.** Оценка риска функционирования объектов с массовым пребыванием людей во внештатной ситуации 31

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

- Рянова Э. Э., Кострюкова Н. В.** Вторичное использование свекловичного жома — отхода сахарного производства. 42

ОХРАНА ТРУДА И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

- Эйдемиллер Ю. Н., Федосов А. В., Ибраева В. А.** Анализ условий труда работников нефтедобывающих предприятий, занятых на работах в "особых" климатических регионах 49
Валеев Т. К., Сулейманов Р. А., Бактыбаева З. Б., Егорова Н. Н., Даукаев Р. А., Рахматуллин Н. Р. Эколого-гигиеническая оценка риска здоровью населения Республики Башкортостан, обусловленного качеством питьевой воды 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, включен в систему Российского индекса научного цитирования и Международную базу данных CAS (Chemical Abstract).



LIFE SAFETY

BEZOPASNOST' ŽIZNEDATEL'NOSTI

The journal published since
January 2001

Editorial board

AGOSHKOV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
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.)
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

ALBOROV I. D., Dr. Sci. (Tech.)
BELINSKIY S. O.,
Cand. Sci. (Tech.)
VASILYEV A. V., Dr. Sci. (Tech.)
ZABOROVSKIY T. (Poland),
Dr. Sci. (Tech.)
IVANOV N. I., Dr. Sci. (Tech.)
KACHURIN N. M., Dr. Sci. (Tech.)
KIRSANOV V. V., 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.)
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. (Phis.-Math.)
PALJA Ja. A. (Poland),
Dr. Sci. (Agri.-Cult.)
PETROV S. V., Cand. Sci. (Yurid.)
SIDOROV A. I., Dr. Sci. (Tech.)
TOPOLSKIY N. G., Dr. Sci. (Tech.)
FILIN A. E., Dr. Sci. (Tech.)
FRIDLAND S. V., Dr. Sci. (Chem.)
SHVARTSBERG L. E.,
Dr. Sci. (Tech.)

11(203)
2017

CONTENTS

ENVIRONMENT PROTECTION

- Krasnogorskaya N. N., Nafikova E. V., Korneeva A. O., Belozerova E. A.** Justification of the Choice of Ecological Building Materials for Thermal Insulation of Houses Walls 3
Kusova I. V., Khaibullina A. N. Ensuring Environmental Safety at Functioning of Treatment Facilities of Oil Refinery 10
Mikhailova N. N., Suraeva I. N., Zlotskii S. S. To the Question of Purication of Oil and Oil Products from Hydrogen Sulphide 16

ENVIRONMENT MONITORING

- Safarov A. M., Khatmullina R. M., Safarova V. I., Shaidulina G. F.** Ranking of Emergency Situations on Oil and Product Pipelines in Terms of their Impact on the Environment 20
Fatyanova E. V., Khatmullina R. M., Galaktionova E. B., Yapparova G. R., Safarova V. I. Organic Compounds in the Belaya River Bottom Sediments 25

FIRE SAFETY

- Krasnogorskaya N. N., Eidemiller Yu. N., Kozbanova E. A.** Assessment of the Risk of the Functioning of Objects with Massive Stay of People in a Emergency Situation 31

USE AND RECYCLING OF WASTE

- Riianova E. E., Kostryukova N. V.** Second Utilization of Sugar Beet Pulp – the Sugar Factory Waste 42

LABOUR PROTECTION AND POPULATION HEALTH

- Eidemiller Yu. N., Fedosov A. V., Ibraeva V. A.** Analysis of Working Conditions of Employees of Oil-Producing Enterprises Engaged in Work in "Special" Climatic Regions 49
Valeev T. K., Sulejmanov R. A., Baktybaeva Z. B., Egorova N. N., Daukaev R. A., Rakhmatullin N. R. Ecological-Hygienic Assessment of the Risk to Public Health of the Republic of Bashkortostan, due to the Quality of Drinking Water 57

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

УДК 691.1: 504.06

Н. Н. Красногорская, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой, e-mail: nk.ufa@mail.ru,
Э. В. Нафикова, канд. геогр. наук, доц., **А. О. Корнеева**, магистрант,
Е. А. Белозерова, инженер, Уфимский государственный авиационный
технический университет

Обоснование выбора экологичных строительных материалов для утепления стен жилых домов

Отмечено, что одним из наиболее эффективных экологических мероприятий по снижению нагрузок на окружающую среду считается выбор безопасных материалов для строительства и ремонта жилых домов. На сегодняшний день существует множество теплоизоляционных материалов с различными теплотехническими показателями и воздействием на окружающую среду. Приведен сравнительный анализ характеристик теплоизоляционных материалов, рассчитаны экологическая и экономическая эффективность проектируемой стены с экологически чистым утеплителем эковатой и стандартной каркасной стены. Расчет выполнен с учетом климатических условий Республики Башкортостан в районе города Мелеуз.

Ключевые слова: зеленое строительство, теплоизоляционные материалы, тепловые потери, экологическая и экономическая эффективность

Введение

Увеличение доли индивидуального строительства и рост антропогенной нагрузки в РФ формирует спрос на "зеленое" строительство. Основной задачей в "зеленом" строительстве является снижение уровня потребления ресурсов (энергетических и материальных) на протяжении всего жизненного цикла здания: выбор участка по проектированию, строительные работы, эксплуатация, ремонт, снос [1].

Согласно экологическим требованиям, при строительстве и ремонте в каждом проекте анализируются альтернативные варианты предлагаемых решений по трем направлениям: продление жизненного цикла здания; энергосбережение; повышение качества материалов и работ [1].

Одним из наиболее эффективных экологических мероприятий по снижению нагрузок на окружающую среду считается выбор экологически безопасных материалов для строительства и ремонта. При выборе строительных материалов экологические требования распространяются на обеспечение экологического комфорта по многим показателям, например, звукоизоляции, изоляции от проникающего радона, отказа от применения опасных для здоровья человека материалов, энергосбережения, возможности утилизации материалов по истечению срока службы.

Анализ характеристик теплоизоляционных материалов

Повышение потенциала энергосбережения зданий достигается путем уменьшения его теплопотерь с помощью правильно подобранной теплоизоляции, которая обеспечивается устройством специальных ограждений, выполняемых из материалов (в виде покрытий, плит, насыпного материала), затрудняющих теплопередачу.

Для теплоизоляционных материалов основными характеристиками являются теплопроводность, паропроницаемость и долговечность. Чем больше показатель теплопроводности, тем меньше теплоизоляционные качества материала, необходимые для поддержания в помещении температуры, отличной от температуры окружающей среды. Чем выше показатель паропроницаемости утеплителя, тем больше стена может вместить в себя влаги, следовательно, материал обладает низкой морозостойкостью. Наиболее распространенные в РФ утеплители с их основными характеристиками и учетом экологической безопасности материалов представлены в табл. 1. Как известно, под экологически безопасными строительными материалами подразумеваются строительные материалы, в процессе изготовления, эксплуатации и утилизации которых

Характеристики наиболее распространенных утеплителей в РФ [2]

Утеплители	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	Коэффициент паропроницаемости, мг/м·ч·Па	Стабильность при эксплуатации	Экологическая безопасность материала
Пенополиуретан, полиуретан	0,029...0,041	0,05	Не менее 30 лет	Экологически опасен (содержание токсических веществ изоциантов)
Пенополистирол	0,04...0,06	0,05	Не менее 30 лет	Экологически опасен (выделение гексабромциклододекана)
Пенопласт	0,03	0,24	20—50 лет	Экологически опасен (выделяет токсическое вещество стирол, которое провоцирует возникновение инфаркта миокарда и тромбоз вен)
Минеральная вата	0,042...0,047	0,38...0,60	До 50 лет при правильной укладке материала	Экологически опасна (выделяет опасные пылевые и газовые компоненты — асбестовое волокно, стекловолокно)
Эковата	0,032...0,041	0,3	50—100 лет	Экологически безопасна
Льняной утеплитель	0,0354	0,5	50—75 лет	Экологически безопасен
Соломенная плита	0,07	0,45	50—75 лет	Экологически безопасна

негативное воздействие на окружающую среду сведено к минимуму.

Из перечисленных в табл. 1 материалов к экологически безопасным можно отнести натуральные утеплители из соломы, льна, а также эковату, производимую из макулатурного вторсырья.

Сравнительный анализ экологической и экономической эффективности проектируемой стены с экологически безопасным утеплителем и стандартной каркасной стены

В настоящее время большинство застройщиков отдают предпочтение каркасным домам. Данный способ застройки позволяет решать жилищные проблемы в сельской местности и быстро застраивать дачные участки, при этом для снижения себестоимости часто используются неэкологичные материалы.

В работе приведены данные сравнительного анализа экологической и экономической эффективности двух ограждающих конструкций: стены с экологически безопасным утеплителем эковатой и стандартной каркасной стены с использованием в качестве утеплителя минеральной ваты. Рассчитаны тепловые потери стен при использовании исследуемых материалов и оценена возможность переувлажнения ограждающих конструкций.

Расчет выполнен с учетом климатических условий Республики Башкортостан в районе города Мелеуз (средняя температура воздуха отопительного сезона составляет $-6,4^{\circ}\text{C}$, продолжительность ото-

пительного периода 210 дней, количество градусо-суток отопительного периода* $5754^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$ [3]).

Конструкции стен предлагаемого проектного решения и стандартной застройки состоят из следующих элементов: гипсокартон в качестве основания для внутренней отделки толщиной 12 мм, пароограничивающая мембрана, независимые стойки двойного каркаса, теплоизоляционный материал толщиной 200 мм, мягкая древесно-волокнистая плита толщиной 12 мм, вентилируемый воздушный зазор и ориентированно-стружечная плита как основание для наружной отделки.

В качестве утеплителей выбраны материалы со схожим коэффициентом теплопроводности (эковата $0,04\text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$, минеральная вата $0,042\text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$) и сроком эксплуатации около 50 лет. Для проектируемой конструкции выбран экологически безопасный утеплитель эковата, для стандартной каркасной стены — минеральная вата, широко применяемая в застройке.

Характеристики материалов ограждающих конструкций приведены в табл. 2. Схема проектируемой стены с экологически безопасным утеплителем эковатой и стандартной каркасной стены с утеплителем минеральной ватой приведена на рис. 1. График черного цвета (верхняя линия) показывает изменение температуры в продольном профиле конструкции в направлении от

* Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) — показатель, равный произведению разности температуры внутреннего воздуха и средней температуры наружного воздуха за отопительный период на продолжительность отопительного периода [СНиП 23-01 Строительная климатология].



Для исследования теплотерь и переувлажнения исследуемых стен выполнен теплотехнический расчет этих стен с помощью программы "Теплотехнический калькулятор", разработанной В. А. Киревым [5].

Результаты расчета тепловых потерь ограждающих конструкций

Расчет тепловых потерь ограждающих конструкций с 1 м^2 ($\text{Вт}/\text{м}^2$) производится по формуле [4]

$$Q = \frac{\Delta^\circ\text{C}}{R_0}, \quad (4)$$

где $\Delta^\circ\text{C}$ — разность температуры внутри помещения и средней температуры наружного воздуха за

отопительный период, $^\circ\text{C}$; температура внутри и снаружи помещения определялась согласно нормативным документам [3, 4]; R_0 — сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$; определяется по формуле (1).

На рис. 2 и 3 представлены графики зависимости тепловых потерь проектируемой стены с экологически безопасным утеплителем эковатой и стандартной каркасной стены с использованием в качестве утеплителя минеральной ваты. В табл. 3 и 4 приведены расчетные соотношения теплотерь рассматриваемых конструкций.

Рис. 2 и 3 демонстрируют зависимость тепловых потерь (ось ординат) от изменения сопротивления теплопередаче (ось абсцисс). Линиями выделены показатели потери теплоты через стену в зависимости от значения сопротивления

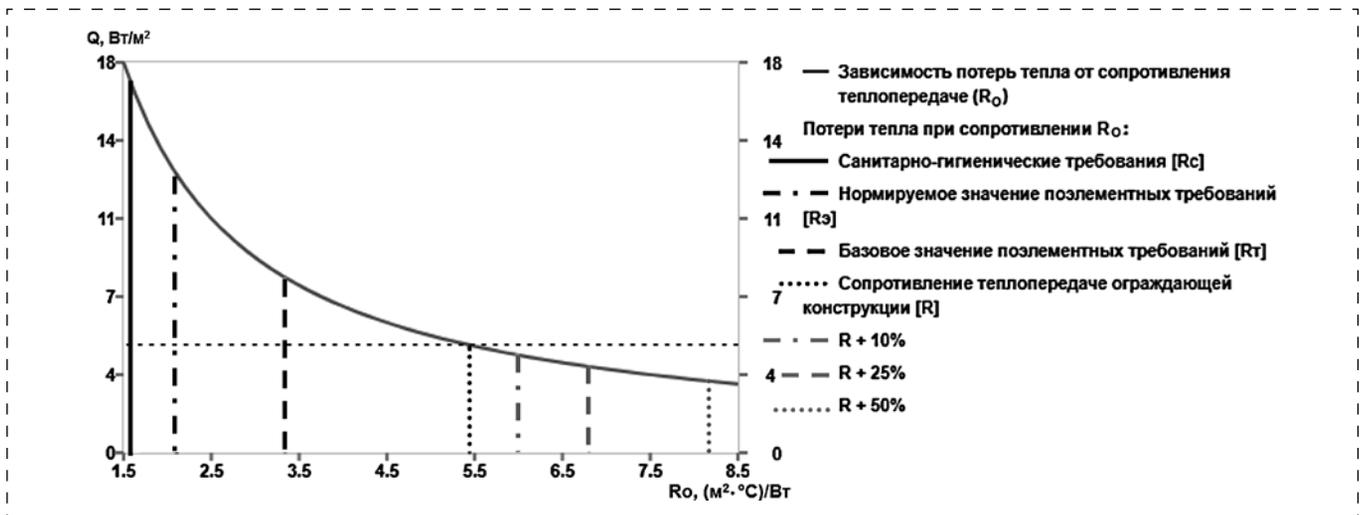


Рис. 2. График зависимости тепловых потерь проектируемой ограждающей конструкции Q от сопротивления теплопередаче R

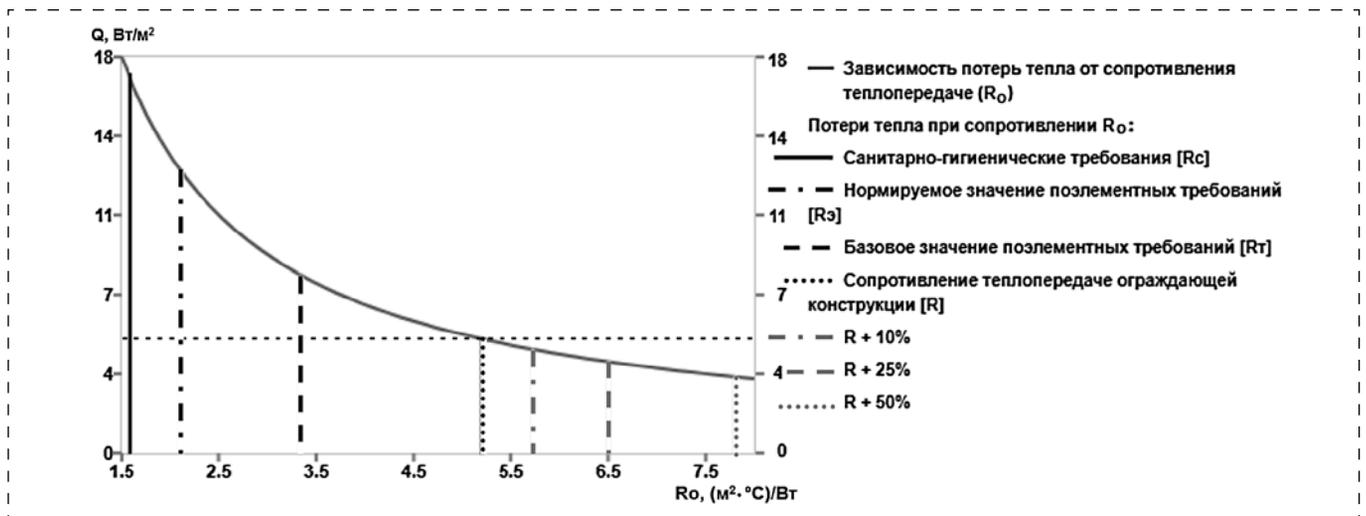


Рис. 3. График зависимости тепловых потерь стандартной каркасной стены Q от сопротивления теплопередаче R

Таблица 3

Результаты расчета тепловых потерь проектируемой ограждающей конструкции

Показатели	$R_0, (m^2 \cdot ^\circ C) / \text{Вт}$	$Q, \text{Вт} / m^2$
Санитарно-гигиенические требования [R_c]	1,58	17,34
Нормируемое значение поэлементных требований [R_n]	2,10	13,05
Базовое значение поэлементных требований [R_b]	3,34	8,20
Сопrotивление теплопередаче проектируемой ограждающей конструкции [R]	5,42	5,05

Таблица 4

Результаты расчета тепловых потерь стандартной каркасной стены

Показатели	$R_0, (m^2 \cdot ^\circ C) / \text{Вт}$	$Q, \text{Вт} / m^2$
Санитарно-гигиенические требования [R_c]	1,58	17,34
Нормируемое значение поэлементных требований [R_n]	2,10	13,05
Базовое значение поэлементных требований [R_b]	3,34	8,20
Сопrotивление теплопередаче стандартной каркасной стены [R]	5,20	5,27

теплопередаче, определяемыми санитарно-гигиеническими требованиями, нормируемым и базовым значениями поэлементных требований, рассчитанным сопротивлением теплопередаче и дальнейшим увеличением показателя на 10 %,

25 % и 50 %. Штрих-пунктирная горизонтальная линия помогает определить фактические тепловые потери ограждающей конструкции. Согласно расчету тепловые потери с $1 m^2$ проектируемой стены с экологически безопасным утеплителем эковатой составляют 5,05 Вт (см. табл. 3), для стандартной каркасной стены с утеплителем минеральной ватой с $1 m^2$ тепловые потери — 5,27 Вт (см. табл. 4). Данный расчет свидетельствует об энергетической эффективности применения эковаты в качестве утеплителя.

Оценка возможности переувлажнения ограждающих конструкций в результате конденсации водяных паров

Сопrotивление паропрооницанию ограждающей конструкции должно быть не менее наибольшего из требуемых значений сопротивлений паропрооницанию. Требуемые значения сопротивлений паропрооницанию определяются из условия недопустимости накопления влаги в ограждающей конструкции за годовой период эксплуатации и за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха [4].

Сопrotивление паропрооницанию $R_{п}$ одного слоя ограждающей конструкции определяется по формуле:

$$R_{п} = \frac{\delta}{\mu}, \quad (3)$$

где δ — толщина слоя, м; μ — расчетный коэффициент паропрооницаемости слоя материала ограждающей конструкции, мг/(м·ч·Па).

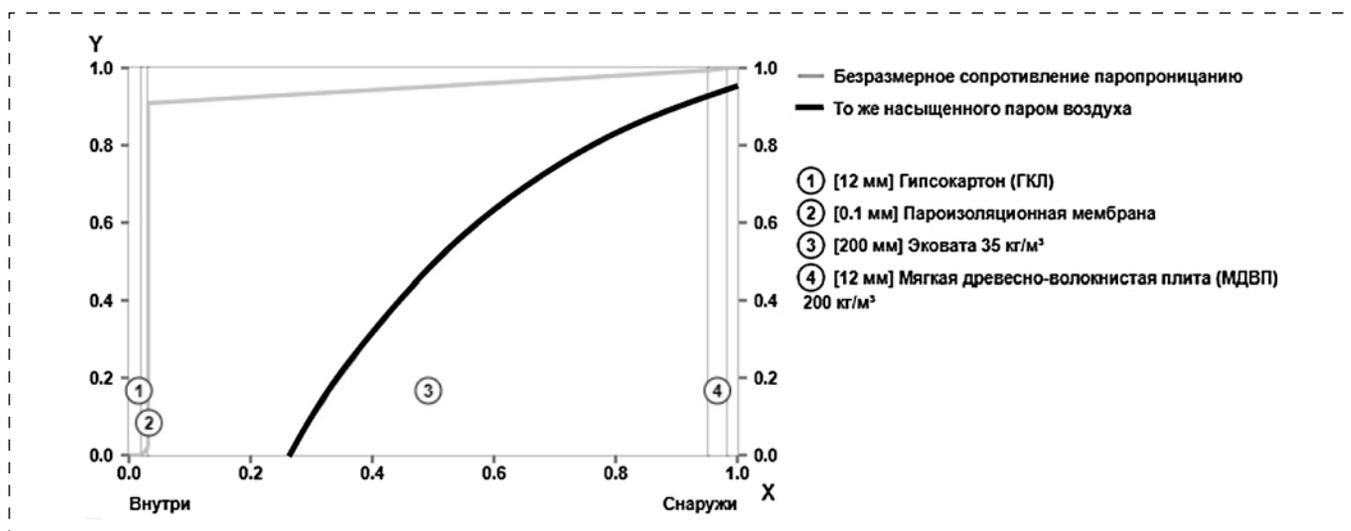


Рис. 4. График зависимости безразмерного сопротивления паропрооницанию от безразмерного сопротивления теплопередаче проектируемой стены с экологически безопасным утеплителем эковатой

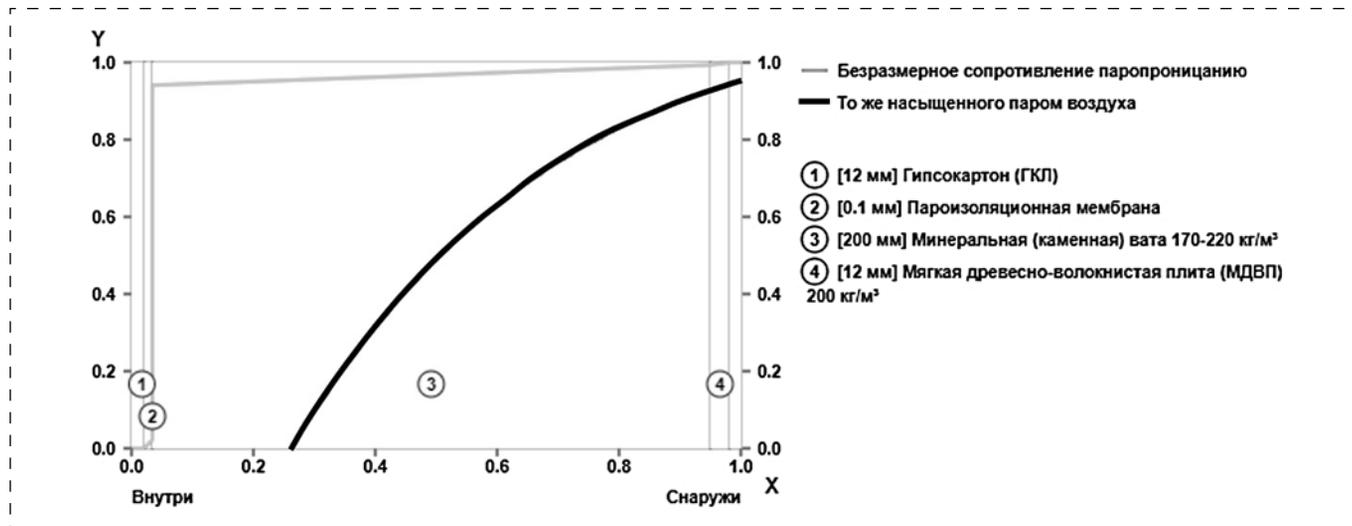


Рис. 5. График зависимости безразмерного сопротивления паропрооницанию от безразмерного сопротивления теплопередаче стандартной каркасной стены с утеплителем минеральной ватой

Сопротивление паропрооницанию многослойной ограждающей конструкции (или ее части) равно сумме сопротивлений составляющих ее слоев [5].

Расчет возможного переувлажнения исследуемых стен выполнен по программе "Теплотехнический калькулятор" [5], в основе алгоритма которой лежит методика [6], описанная в работе [7]. Данная методика позволяет определить плоскость возможной конденсации и базируется на использовании метода безразмерных характеристик.

На рис. 4 и 5 представлены графики зависимости переувлажнения проектируемой стены с экологически безопасным утеплителем эковатой и стандартной каркасной стены с использованием в качестве утеплителя минеральной ваты.

Рис. 4 и 5 демонстрируют зависимость безразмерного сопротивления паропрооницанию от безразмерного сопротивления теплопередаче стен для обычного режима эксплуатации (серый график) и для состояния полного насыщения влажного воздуха водяным паром (черный график). Цифрами на графиках обозначены слои конструкции стен. Согласно методике СНиП 23-02-2003 [6], в плоскости возможной конденсации разность между упругостью водяного пара в конструкции и упругостью насыщенного водяного пара достигает максимального значения в пределах толщины рассматриваемого слоя конструкции. На основании этого определяется координата плоскости возможной конденсации для каждого слоя конструкции: в случае, если координата существенно выходит за пределы слоя, то расчет по накоплению влаги в данном слое не выполняется. Графически координата плоскости возможной конденсации находится при

пересечении графиков зависимости безразмерного сопротивления паропрооницанию от безразмерного сопротивления теплопередаче стен для обычного режима эксплуатации и для состояния полного насыщения влажного воздуха водяным паром.

Как для проектируемой стены с экологически безопасным утеплителем эковатой, так и для стандартного типа каркасной стены с утеплителем минеральной ватой графики зависимости безразмерного сопротивления паропрооницанию от безразмерного сопротивления теплопередаче при разных эксплуатационных режимах не пересекаются, следовательно, в пределах слоев ограждающих конструкций не возникает конденсации.

По результатам расчетов проектируемая стена с теплоизолирующим слоем эковаты эффективнее стандартной каркасной стены с утеплителем минеральной ватой: в обоих случаях отсутствует переувлажнение стен, но тепловые потери здания при использовании эковаты ниже.

Эколого-экономическое обоснование применения эковаты в сравнении с минеральной ватой в качестве утеплителя для стен

В состав утеплителя эковата входят: вторсырье — переработанная макулатура — 81 %, бура — 7 % и борная кислота — 12 %. При эксплуатации данного утеплителя не происходит выброса вредных веществ, а его утилизация не представляет затруднения: при закапывании целлюлоза разлагается естественным образом микроорганизмами (аэробными микроорганизмами и анаэробными мезофильными и термофильными бактериями [8]), борная кислота используется

Цена утеплителей эковаты и минеральной ваты за 1 м² толщиной 10 см

Теплоизоляционный материал	Цена, руб.
Эковата	320
Минеральная вата	528

как минеральное удобрение в сельском хозяйстве, а бура содержится в соленой и пресной воде, в грунтах и в небольших количествах полезна для растений. Эковата — утеплитель на основе древесного волокна, является гипоаллергенным материалом и относится к европейскому классу по безопасности с индексом E1.

Минеральная (каменная) вата состоит на 80 % из расплава горных пород. В качестве связующих компонентов в ней применяются фенолоформальдегидные смолы и гидрофобизирующие добавки. В случае нарушения технологии изготовления и несоблюдения регламента при строительстве использование минеральной ваты может привести к серьезным последствиям для здоровья: кашель, головная боль, тошнота, снижение жизненного тонуса [9]. При монтаже утеплителя волокна материала попадают в воздух, вызывая раздражение дыхательных путей.

Стоимостные характеристики 1 м² рассматриваемых утеплителей толщиной 10 см представлены в табл. 5 [10, 11].

Из таблицы видно, что цена минеральной ваты в 1,65 раза выше, чем цена эковаты. Следовательно, при аналогичных значениях сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, но различных стоимостных показателях можно увеличить толщину слоя теплоизоляции материалом меньшей стоимости — эковатой и еще более сократить тепловые потери. При увеличении теплоизоляционного слоя стены с эковатой в 1,65 раза коэффициент сопротивления теплопередаче увеличивается до 8,7 (м²·°С)/Вт, тепловые потери снижаются на 37 %.

Таким образом, применение в качестве теплоизоляционного материала эковаты экологически и экономически эффективно в сравнении с минеральной ватой. Согласно теплотехническому

расчету, тепловые потери при теплоизоляции эковатой ниже.

Список литературы

1. **Новомлинская Е. А.** Устойчивое строительство в России: первые итоги // РБК + Устойчивое строительство. — 2015. — № 47. — С. 3—4.
2. **Бадьин Г. М.** Строительство и реконструкция малоэтажного энергоэффективного дома. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — С. 102—103.
3. **СНиП 23-01-99** Строительная климатология. — М.: Госстрой России, 2000. — 57 с.
4. **СНиП II.3-79*** Строительная теплотехника. — М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1995.
5. **Теплотехнический калькулятор.** URL: <http://www.smartcalc.ru/> (дата обращения 06.12.2016).
6. **СНиП 23-02-2003** Тепловая защита зданий. — М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004. — 30 с.
7. **Вытчиков Ю. С., Беляков И. Г.** Исследование влажностного режима строительных ограждающих конструкций с помощью метода безразмерных характеристик // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 1998. — № 3. — С. 76—78.
8. **Иванов Г. В.** Новый экологически чистый теплоизоляционный материал — эковата // Строительные материалы. — 1995. — № 1. — С. 21—25.
9. **Бердюгин И. А.** Теплоизоляционные материалы в строительстве. Каменная вата или стекловолокно: сравнительный анализ // Инженерно-строительный журнал. — 2010. — № 1. — С. 27.
10. **Стоимость утепления эковатой.** URL: http://9999812.ru/cenu/uteplenie_ekovatoj/ (дата обращения 06.12.2016).
11. **Утепление минеральной ватой.** URL: <http://lkgstroj.ru/tehnologiya/> (дата обращения 06.12.2016).

N. N. Krasnogorskaya, Head of Chair, Professor, e-mail: nk.ufa@mail.ru,
E. V. Nafikova, Associate Professor, **A. O. Korneeva**, Master Degree Student,
 e-mail: stasyajjj@gmail.com, **E. A. Belozeroва**, Engineer, Ufa State Aviation Technical University

Justification of the Choice of Ecological Building Materials for Thermal Insulation of Houses Walls

At present, the increase of popularity of cottage construction and the growth of anthropogenic pressure in the Russian Federation generates demand for ecofriendly ("green") constructions. One of the most effective measures to reduce the environmental burden is the selection of safe materials for the construction and repair of buildings. To date, there are many thermal insulation materials with different thermal performance and environmental impact. The paper shows a comparative analysis of the characteristics of the most common thermal insulation materials.



Also, the current research presented the results of: calculation thermal losses of different walls, evaluation of the possibility of waterlogging of walls due to the condensation of water vapor, the environmental and economic efficiency of projected enclosing structures and the standard framing walls. The calculation is performed for the climatic conditions of Meleuz town, the Republic of Bashkortostan.

Keywords: green construction, insulation materials, heat loss, condensation, environmental and economic performance

References

1. **Novomlinskaja E. A.** Ustojchivoje stroitel'stvo v Rossii: pervye itogi. *RBK + Ustojchivoje stroitel'stvo*. 2015. No. 47. P. 3–4.
2. **Badin G. M.** Stroitel'stvo i rekonstruktsiya maloetazhnogo energoeffektivnogo doma [Construction and renovation of low-rise energy-efficient house]. Saint-Petersburg: BHV-Petersburg, 2011. P. 102–103.
3. **SNiP 23-01-99** Stroitel'naya klimatologiya [Building codes and regulations 23-01-99 Building climatology].
4. **NiP II-3-79** Stroitel'naya teplotekhnika [Building codes and regulations Building heat engineering].
5. **Teplotekhnicheskij kal'kulyator** [Thermal calculator]. URL: <http://www.smartcalc.ru/> (date of access 06.12.2016).
6. **SNiP 23-02-2003** Teplovaja zashhita zdaniy Moscow: Gosstroj Rossii, FGUP CPP, 2004. 30 p.
7. **Vytchikov Yu.S., Belyakov I. G.** Issledovanie vlazhnostnogo rezhima stroitel'nykh ograzhdayushchikh konstruktsii s pomoshch'yu metoda bezrazmernykh kharakteristik. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo*. 1998. No. 3. P. 76–78.
8. **Ivanov G. V.** Novyj jekologicheskij chistyj teploizoljacionnyj material — Jekovat. *Stroitel'nye Materialy*. 1995. No. 1. P. 21–25.
9. **Berdjugin I. A.** Teploizoljacionnye materialy v stroitel'stve. Kamennaja vata ili steklovolokno: sravnitel'nyj analiz. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*. 2010. No. 1. P. 27–29.
10. **Stoimost' utepleniya ekovatoj** [Cost of thermal insulation with ecowool]. URL: http://9999812.ru/ceny/uteplenie_ekovatoj/ (date of access 06.12.2016).
11. **Utepleniye mineral'noy vatoy** [Warming with mineral wool]. URL: <http://lkgstroj.ru/tehnologiya/> (date of access 06.12.2016).

УДК 628.16

И. В. Кусова, канд. техн. наук, доц. кафедры, e-mail: ivaleri@list.ru,
А. Н. Хайбуллина, студентка, Уфимский государственный авиационный
технический университет

Обеспечение экологической безопасности при функционировании очистных сооружений нефтеперерабатывающего завода

В целях снижения негативного воздействия очистных сооружений нефтеперерабатывающего завода на водные объекты проанализирована существующая технология очистки сточных вод нефтеперерабатывающего завода и выявлены приоритетные загрязняющие вещества, присутствующие в составе сбрасываемых недостаточно очищенных стоков. Проведена патентная проработка и анализ существующих методов и технологического оборудования для очистки сточных вод от приоритетных загрязняющих веществ, обоснована необходимость замены аппаратов для очистки стоков нефтеперерабатывающего производства и предложена усовершенствованная технология очистки сточных вод нефтеперерабатывающего завода с использованием мембранного биологического реактора.

Ключевые слова: сточные воды нефтеперерабатывающего производства, технология очистки сточных вод, загрязняющие вещества, нефтепродукты, фенол, мембранный биологический реактор

Предприятия нефтепереработки представляют собой сложный комплекс, состоящий из установок, выполняющих определенные технологические операции, связанные с переработкой углеводородного сырья и производством разнообразных нефтепродуктов.

Нефтеперерабатывающие заводы характеризуются высоким уровнем водопотребления и по объемам сброса сточных вод являются одними их крупнейших источников загрязнения водных объектов. С ростом глубины перерабатываемой нефти увеличивается степень использования

поверхностных водных объектов как для забора воды, так и для сброса сточных вод. Для сохранения чистоты водных объектов необходима качественная и эффективная очистка сточных вод.

Существующие очистные сооружения нефтеперерабатывающего комплекса из-за большой нагрузки, физического износа оборудования и применения устаревших технологий очистки не в полной мере справляются с поставленной задачей доведения сточных вод до нормативов рыбохозяйственного назначения, что ведет к сбросу недостаточно очищенных стоков в водные объекты. Поступающие со стоками загрязнения оказывают негативное влияние на природные экосистемы, жизнедеятельность организмов и здоровье человека. Поэтому очистные сооружения нефтеперерабатывающего завода требуют модернизации и внедрения новых технологий.

Целью данного исследования является разработка мероприятий по снижению негативного воздействия очистных сооружений нефтеперерабатывающего завода на гидросферу.

Сточные воды нефтеперерабатывающего завода образуются, как правило, не от изолированных производственных процессов или агрегатов, а являются совокупностью потоков, собираемых от предприятия в целом. Процесс очистки сточных вод производственного предприятия включает несколько стадий, на каждой из которых применяются различные методы очистки и соответствующее технологическое оборудование [1]. На очистных сооружениях рассматриваемого нефтеперерабатывающего завода применяют механические, физико-химические и биологические методы очистки сточных вод (рис. 1).

Анализ деятельности очистных сооружений нефтеперерабатывающего завода показал, что со сточными водами предприятия в поверхностные водные объекты сбрасываются недостаточно очищенные стоки, содержащие нефтепродукты, фенол, органические соединения. Следовательно, необходима модернизация существующих очистных сооружений.

При усовершенствовании существующей системы очистки сточных вод необходимо проведение подробного анализа, а именно: определение степени загрязненности сточных вод и требований, предъявляемых к качеству очищенной воды; определение объема сточных вод и периодичности их сброса; выбор эффективных способов и технологического оборудования для очистки [2]. Применяемое на предприятии оборудование для физико-химической очистки сточных вод является эффективным. Усовершенствованию подлежат механические и биологические очистные сооружения.

Сооружения механической очистки предназначены для первичной очистки сточных вод от механических примесей и нефтепродуктов. Существующая на предприятии технологическая система очистки сточных вод не справляется с поставленной задачей и качество очищенных сточных вод не удовлетворяет установленным требованиям, предъявляемым к качеству вод, сбрасываемых в водный объект. В связи с этим проведен сравнительный анализ аппаратов, предназначенных для очистки сточных вод от нефтепродуктов. Выявлено, что наилучшим аппаратом для очистки сточных вод от нефтепродуктов является компактная многоярусная тонкослойная нефтеловушка с эффективностью очистки около 98 %, требующая меньшего времени для очистки.

Наиболее эффективным методом очистки сточных вод нефтеперерабатывающего завода от органических загрязнений является биохимический метод. В целях интенсификации процессов очистки сточных вод биохимическим методом разработано большое количество сооружений биохимической очистки: аэротенки — отстойники, башенные и шахтные аэротенки, биореакторы с кипящим слоем, окситенки, анаэробные биореакторы, мембранные биореакторы и др. [3]. Одним из наиболее перспективных сооружений является мембранный биологический реактор.

Мембранные биологические реакторы представляют собой биореакторы с активным илом (аэробные и анаэробные), совмещенные с мембранным элементом. Мембранный элемент используется для отделения ила от очищаемой воды после завершения биологической очистки. В таких реакторах чаще всего используются микрофильтрационные или ультрафильтрационные мембраны.

Основным элементом мембранных биологических реакторов являются погружные, как правило, полволоконные мембраны. Отдельные полые волокна входят в состав мембранных модулей, которые в свою очередь образуют мембранные кассеты, погруженные в мембранный резервуар. Мембраны работают под действием вакуума (от периферии к центру) и оставляя хлопья активного ила в мембранном резервуаре. При размере пор порядка 0,04...0,1 мкм ультрафильтрационные мембраны обеспечивают получение очищенной воды, практически не содержащей взвешенных веществ и бактерий [4].

Для регенерации мембран предусмотрена постоянно действующая система аэрации, обратная промывка мембран, а также периодически применяемые химические промывки гипохлоритом натрия и лимонной кислотой.

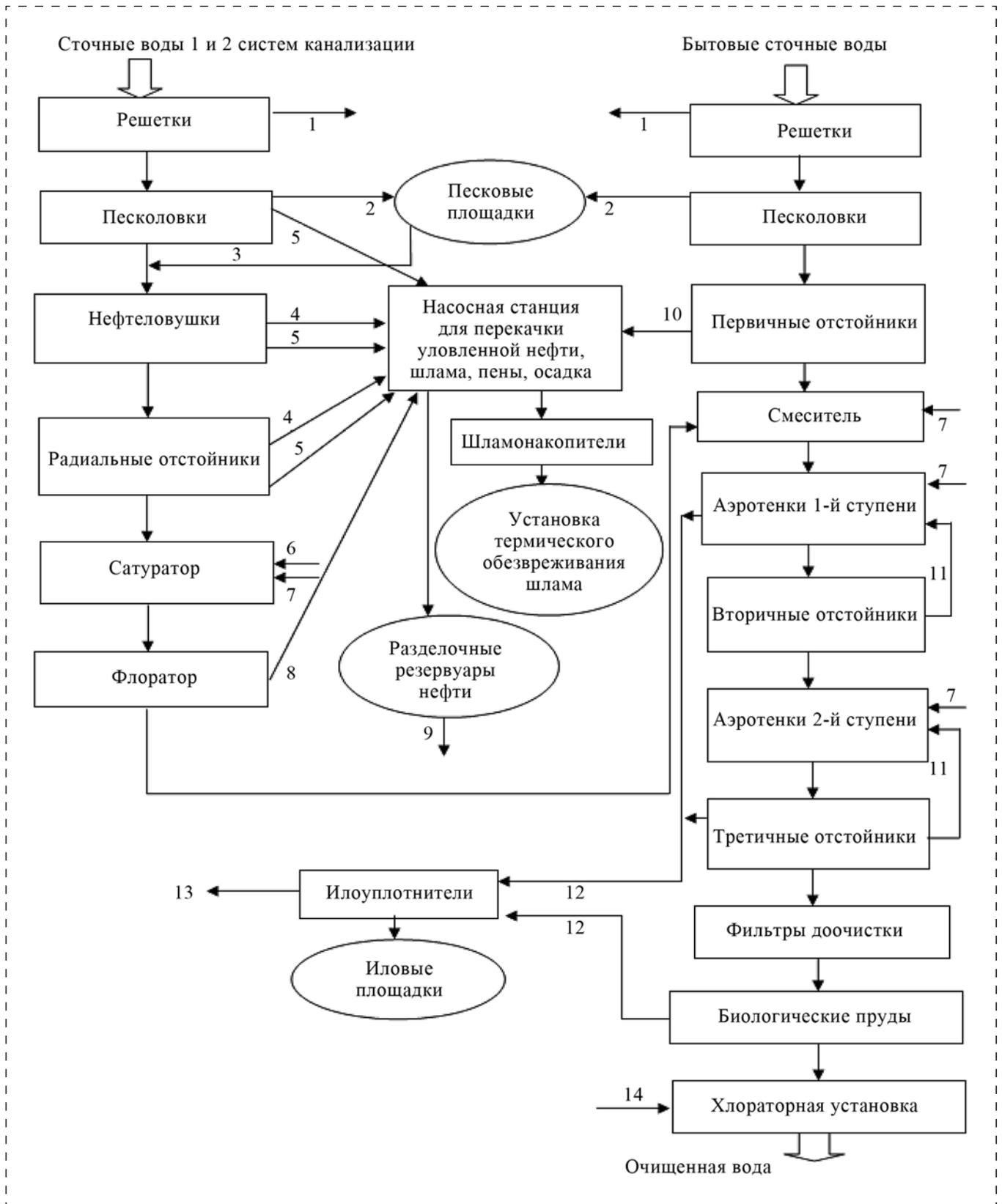


Рис. 1. Схема очистных сооружений ИПЗ:

1 — отходы на обработку; 2 — песок; 3 — воды от обезвреживания песка; 4 — уловленные нефтепродукты; 5 — нефтешлам; 6 — раствор реагента; 7 — воздух; 8 — флотошлам; 9 — нефть на переработку; 10 — осадок; 11 — рециркулирующий активный ил; 12 — избыточный активный ил; 13 — иловая вода; 14 — хлор

Мембранные биологические реакторы позволяют интенсифицировать процессы биологической очистки вследствие обеспечения высокой концентрации активного ила в реакторе и соответственно высокой окислительной мощности. Концентрацию активного ила в биореакторе можно повысить до 10...12 г/л и выше. Сочетание биологических и мембранных методов для отделения активного ила и очищенной воды позволяет создавать благоприятные условия для развития и адаптации активного ила, упрощает процесс их использования, так как наличие всплывающего ила не влияет на эффективность очистки. На процесс очистки не оказывают влияние и седиментационные свойства ила [5, 6].

Большим преимуществом биомембранной технологии является сокращение площадей, занимаемых сооружениями биологической очистки, так как отпадает необходимость во вторичных отстойниках и фильтрах доочистки. После сепарации воды и активного ила через мембрану исключен вынос взвешенных веществ. Таким образом значительно сокращаются капитальные и эксплуатационные затраты на биологическую очистку [6].

В мембранном биологическом реакторе эффективность очистки по нефтепродуктам составляет около 98 %, по фенолу — 99 %, ХПК — 80...90 %, БПК — 98,7...99,7 %. Основными преимуществами биомембранной технологии являются: полное удержание микроорганизмов в реакторе, что существенно изменяет условия автоселекции микроорганизмов; высокое качество очищенной воды благодаря задержанию взвешенных веществ и части растворимых компонентов сточных вод, что отвечает самым строгим требованиям на сброс или непосредственно на повторное использование. Это позволяет в несколько раз увеличить гидравлическую производительность и окислительную мощность процессов биологической очистки, благодаря погружной микрофльтрации легко модифицировать любой процесс с активным илом без значительных конструктивных изменений установки [4].

На рис. 2 представлена схема проектируемой технологии очистки сточных вод нефтеперерабатывающего завода. Согласно проекту предлагается в существующей технологии очистных сооружений

нефтеперерабатывающего завода заменить горизонтальные нефтеловушки на тонкослойные многоярусные нефтеловушки, обладающие высокой эффективностью очистки от нефтепродуктов, меньшими объемами и занимаемыми площадями. Кроме того, их использование позволит отказаться от радиальных отстойников.

Сравнительный анализ технологического оборудования, применяемого для биологической очистки сточных вод нефтеперерабатывающего завода, показал, что имеющаяся традиционная двухступенчатая система очистки сточных вод в аэротенках уступает очистке в мембранном биологическом реакторе, поскольку применение биомембранной технологии позволит сократить количество элементов очистных сооружений, исключив из технологической схемы первичные и вторичные отстойники, блок доочистки, упростить условия эксплуатации, сократить в 3—4 раза занимаемую очистными сооружениями площадь и, кроме того, улучшить качество очищенного стока по показателям ХПК, БПК, нефтепродуктам и фенолам.

На рис. 3 представлена усовершенствованная принципиальная технологическая схема очистки сточных вод нефтеперерабатывающего завода, которая отражает возможность усовершенствования

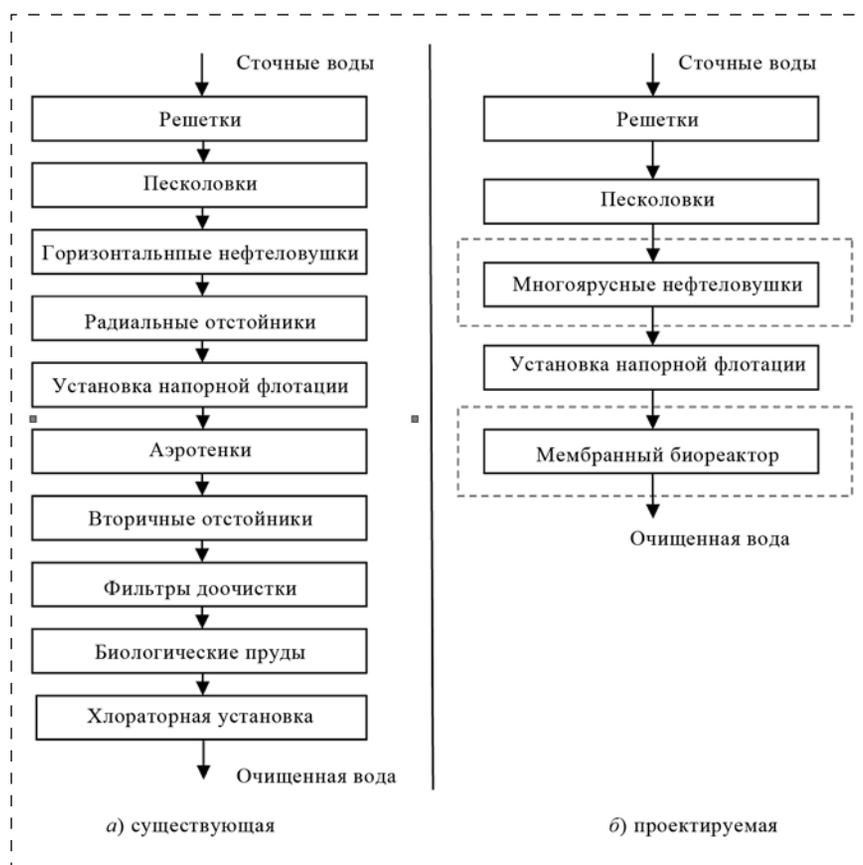


Рис. 2. Схема технологии очистных сооружений нефтеперерабатывающего завода

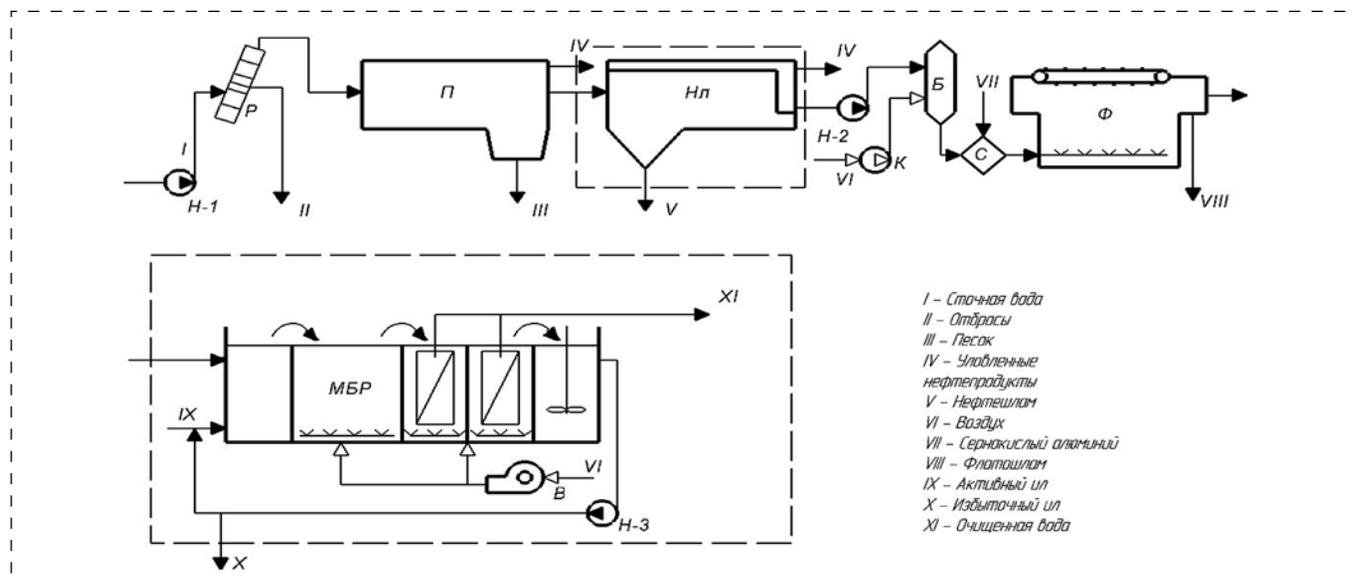


Рис. 3. Усовершенствованная принципиальная технологическая схема очистки сточных вод нефтеперерабатывающего завода: Р – решетка; Н-1, Н-2 – центробежные насосы; П – песколовка; Нл – многоярусная нефтеловушка; К – компрессор; Б – напорный бак; С – смеситель; Ф – флотатор напорный; МБР – мембранный биореактор; Н-3 – илосос

технологии путем ввода в технологическую схему многоярусной тонкослойной нефтеловушки и мембранного биореактора.

Сточные воды (I) с помощью центробежного насоса (Н-1) поступают на горизонтальную решетку (Р), где происходит процеживание воды и извлечение крупных нерастворимых примесей и отбросов (II). Снятые отбросы отправляются на переработку и городскую свалку.

Далее стоки поступают в горизонтальную песколовку (П). Собранный песок (III) из прямков периодически отводится на песковую площадку, а уловленные нефтепродукты (IV) подаются в разделочные резервуары и на дальнейшую обработку на установках нефтеперерабатывающего завода.

После песколовки стоки поступают в тонкослойную многоярусную нефтеловушку (Нл). Уловленный нефтепродукт собирается в верхней части нефтеловушки (IV) и по мере накопления отводится перекачиванием через нефтесборные трубы для последующей переработки. Нефтешлам (V) с прямка нефтеловушки отводится в шламонакопители.

Далее стоки перекачиваются в напорный бак (Б) с помощью центробежного насоса (Н-2), куда подводится поток воздуха (VI) компрессором (К). Воздух и сточные воды интенсивно смешиваются в напорном баке и образуют гомогенную смесь двух фаз, которая затем в смесителе (С) смешивается с реагентом, сернокислым алюминием (VII), затем смесь подводится во флотатор (Ф) и распределяется при помощи вращающегося распределителя. Пузырьки воздуха вместе с извлекаемыми частицами механических примесей

и нефтепродуктов всплывают на поверхность жидкости, образуя слой пены. Образовавшиеся крупные и прочные хлопья вместе с пузырьками воздуха флотируются на поверхность, образуя флотошлам (VIII), который собирается скребками для дальнейшей обработки.

Очищенные во флотаторе промстоки отводятся в биомембранный реактор (МБР) для дальнейшей очистки. Стоки поступают в аноксидную зону (денитрификатор). Сюда же перекачиваются илососом (Н3) потоки циркуляции иловой смеси (IX). Далее иловая смесь перетекает в аэробную зону, где окисляются органические загрязнения. После этого иловая смесь поступает в мембранные резервуары, в которых расположены мембранные кассеты. Циркулирующий ил поступает сначала в деаэратор для снижения концентрации растворенного кислорода и потом направляется в денитрификатор. Избыточный активный ил (X) из деаэратора отводится на дальнейшую обработку. Очищенная сточная вода (XI) отводится на сброс в водный объект.

В таблице дана сравнительная характеристика концентрации загрязняющих веществ в стоках нефтеперерабатывающего завода после очистки на существующих и проектируемых очистных сооружениях.

Из представленных в таблице данных видно, что после усовершенствования технологической схемы очистки сточных вод содержание нефтепродуктов, фенола и органических веществ достигает установленных требований.

Таким образом, проведенная патентная проработка и анализ существующих методов и

Сравнительная характеристика концентрации загрязняющих веществ в стоках нефтеперерабатывающего производства после очистки на существующих и проектируемых очистных сооружениях

Вещество (показатель)	Концентрация вещества, мг/дм ³		ПДК _{рх} , мг/дм ³
	после очистки на существующих очистных сооружениях	после очистки на проектируемых очистных сооружениях	
Нефтепродукты	7,9	<0,05	0,05
Фенол	1,3	<0,001	0,001
ХПК	130	<20	30,0
БПК	64	1,5	3,0

технологического оборудования для очистки сточных вод от приоритетных загрязняющих веществ позволила обосновать необходимость замены горизонтальных нефтеловушек на тонкослойные многоярусные нефтеловушки и двухступенчатой системы очистки сточных вод в аэротенках на мембранный биологический реактор и усовершенствовать технологию очистки сточных вод нефтеперерабатывающего завода. Применение усовершенствованной технологии очистки сточных вод нефтеперерабатывающего завода позволит достичь требований, предъявляемых к качеству воды для сброса в водоем рыбохозяйственного назначения. Кроме того, современные технологии и оборудование для очистки сточных вод позволяют предусмотреть оборотное водоснабжение и повторно использовать очищенную воду в технологических процессах нефтеперерабатывающего завода.

Список литературы

1. Абдрахимов Ю. Р., Шарафутдинова Г. М., Хангильдин Р. И., Хангильдина А. Р. Анализ химико-технологических водных систем нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий // Нефтегазовое дело. — 2011. — № 6. — С. 222—248.
2. Кривошеин Д. А., Кукин П. П., Лапин В. Л. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: Учебное пособие. — М.: Высшая школа, 2003. — 344 с.
3. Яковлев С. В., Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебник для вузов. — М.: АСВ, 2002. — 704 с.
4. Степанов С. В. Биологическая очистка и доочистка сточных вод нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий: Автореф. дис. док. техн. наук. — Самара, 2014. — 47 с.
5. Швецов В. Н., Морозова К. М., Киристаев А. В. Биомембранные технологии для очистки сточных вод // Экология производства. — 2006. — № 5. — С. 69—72.
6. Швецов В. Н., Морозова К. М., Киристаев А. В. Преимущества биомембранных технологий для биологической очистки стоков // Экология производства. — 2005. — № 11. — С. 76—80.

I. V. Kusova, Associate Professor, e-mail: ivaleri@list.ru, **A. N. Khaibullina**, Student, Ufa State Aviation Technical University

Ensuring Environmental Safety at Functioning of Treatment Facilities of Oil Refinery

In order to reduce the negative impact of the treatment facilities of the oil refinery on water bodies, the existing technology for wastewater treatment of the refinery has been analyzed and the priority pollutants present in the discharged insufficiently purified effluents have been identified. A patent study and analysis of existing methods and technological equipment for wastewater treatment from priority pollutants has been carried out, the necessity of replacing apparatus for cleaning effluent from oil refineries has been substantiated, and an improved technology for wastewater treatment of an oil refinery with the use of a membrane biological reactor has been proposed.

Keywords: waste water of oil refining industry, wastewater treatment technology, pollutants, petroleum products, phenol, membrane biological reactor

References

1. Abdrakhimov Yu. R., Sharafutdinova G. M., Khangil'din R. I., Khangil'dina A. R. Analiz khimiko-tekhnologicheskikh sistem neftepererabatyvayushchikh i neftekhimicheskikh predpriyatij. *Neftegazovoye delo*. 2011. No. 6. P. 222—248.
2. Krivoshein D. A., Kukin P. P., Lapin V. L. Inzhenernaya zashchita poverkhnostnykh vod ot promyshlennykh stokov: Uchebnoe posobiye. Moscow: Vysshaya shkola, 2003. 344 p.
3. Yakovlev S. V., Voronov Yu. V. Vodootvedeniye i ochestka stochnykh vod: Uchebnik dlya vuzov. Moscow: ASV, 2002. 704 p.
4. Stepanov S. V. Biologicheskaya ochestka i doochestka stochnykh vod neftepererabatyvayushchikh i neftekhimicheskikh predpriyatij: Avtoref. dis. dok. tekhn. nauk. Samara, 2014. 47 p.
5. Shvetsov V. N., Morozova K. M., Kiristayev A. V. Biomembrannyye tekhnologii dlya ochestki stochnykh vod. *Ekologiya proizvodstva*. 2006. No. 5. P. 69—72.
6. Shvetsov V. N., Morozova K. M., Kiristayev A. V. Preimushchestva biomembrannykh tekhnologiy dlya biologicheskoy ochestki stokov. *Ekologiya proizvodstva*. 2005. No. 11. P. 76—80.



УДК 547:67.08

Н. Н. Михайлова, канд. хим. наук, доц., **И. Н. Сираева**, канд. хим. наук, доц.,
e-mail: siirina@mail.ru, **С. С. Злотский**, д-р хим. наук, проф., зав. кафедрой,
Уфимский государственный нефтяной технический университет

К вопросу очистки нефти и нефтепродуктов от сероводорода

Приведен обзор исследований ученых России по вопросу очистки нефти и нефтепродуктов от сернистых соединений, в первую очередь от сероводорода. Рассмотрены эффективные технологии очистки нефти, базирующиеся на использовании химических и физических методов удаления сероводорода из нефти. Рассмотрены вопросы экологической безопасности и экологической чистоты продуктов нефтеперерабатывающей промышленности.

Ключевые слова: нефть, технологии очистки, сероводород, физические и химические методы удаления сероводорода из нефти, экологическая безопасность

Современная мировая общественность ставит перед промышленностью, в том числе перед нефтеперерабатывающей, вопрос об экологической безопасности производства и экологической чистоте продуктов [1–2].

Качество нефтепродуктов определяется в первую очередь содержанием в них сернистых соединений. Особое место среди них занимает сероводород, так как он содержится практически во всех видах нефти российских месторождений. Сероводород является самым опасным и агрессивным природным газом, он может вызывать все наиболее характерные виды коррозионного разрушения: общую коррозию, язвенную (локализованную) коррозию, сульфидное растрескивание. Сероводород хорошо растворяется в воде, что создает проблемы при очистке сточных вод. Главная опасность сероводородсодержащих сред заключается в сопутствующем общей коррозии усилении наводороживания стали, приводящем к охрупчиванию металла и коррозионному растрескиванию оборудования. При добыче сероводородсодержащих нефтей возможны отравления работников предприятия, взрывы и пожары на буровых [3].

В настоящее время на объектах подготовки высокосернистых нефтей внедрены наиболее эффективные технологии очистки нефти, базирующиеся на использовании химических и физических методов удаления сероводорода из нефти, например:

1. Технология прямого окисления сероводорода в нефти кислородом воздуха в присутствии щелочного каталитического комплекса с последующим отделением сырья от водного раствора щелочи.

2. Технология отдувки сероводорода из нефти бессероводородным газом.

3. Технология нейтрализации сероводорода в нефти химическими реагентами.

Каждая из технологий является целесообразной, если принять во внимание определяющие факторы и конкретные условия их реализации [4].

Отдув сероводорода из мазута газами или углеводородными парами, относящийся к физическим методам облагораживания тяжелых нефтяных и газоконденсатных остатков, появился значительно раньше химических технологий [5].

Одним из технологических способов очистки от сероводорода является продувка высококипящих нефтепродуктов газом, в качестве которого используется либо водород, либо инертный газ, иногда применяют углеводородные газы первичной перегонки нефти. Процесс осуществляют в ректификационной колонне. Мазут или его компоненты попадают в верхнюю часть колонны, а продувочный газ — противотоком в нижнюю часть под контактные устройства [6]. В результате реализации данной технологии обеспечивается получение товарного мазута с содержанием сероводорода не выше 2 ppm, что соответствует российским нормативным документам [7].

Сероводород из мазута также может быть удален методом десорбции в отпарной колонне, что исключает использование специальных химреагентов и соответствующего спецоборудования [8].

Существует метод газовой десорбции, с помощью которого удаляют сероводород из нефти перед ее транспортировкой по трубопроводам, с целью уменьшения коррозионного воздействия на трубопровод. В данном методе нефть диспергируют на мелкие капли высокоскоростным потоком сжатого природного газа, не содержащего

сероводород, путем противоточного многоступенчатого взаимодействия нефти и газа. На каждой ступени обеспечивают прямоточное движение фаз, а в целом по аппарату — противоточное [9].

Авторы работы [10] предлагают для повышения эффективности процесса очистки нефти от сероводорода использовать как физическую очистку нефти путем двукратного концентрирования удаляемых компонентов в газовой фазе дистиллята, ректификацией и выводом после ректификации с низа колонн жидкой фазы, направляемой в товарную нефть, так и химическую очистку дистиллята. Химическую очистку проводят путем извлечения сероводорода из частично сконденсированного вторичного концентрата совмещенными процессами экстракции, десорбции и абсорбции, осуществляемыми в аппарате колонного типа в присутствии десорбирующего газа и выделенной из нефти воды, куда также подают реагент. Частичную конденсацию вторичного концентрата осуществляют путем компримирования и охлаждения.

Химические процессы (использование различных реагентов: окислителей, нейтрализаторов, поглотителей) являются менее затратными, не требуют внесения серьезных изменений в существующие технологические схемы, позволяют достаточно быстро очистить котельное топливо (топочный мазут). Именно химические реагенты, в качестве которых используются различные органические и неорганические соединения, получили наиболее широкое распространение во всем мире для решения проблемы нейтрализации сероводорода [5].

Реагенты-окислители на основе солей металлов (железа, меди, никеля и др.) полностью окисляют сероводород без образования летучих компонентов. Недостатком их применения является то, что продукты реакции в виде отложений загрязняют теплообменники и змеевики трубчатых печей и выпадают с течением времени в осадок в резервуарах для хранения мазута.

Эффективность процесса нейтрализации сероводорода реагентами определяется скоростью химических реакций, которые зависят от степени диспергирования нейтрализаторов в объеме нефти, ее температуры, концентрации веществ и других факторов. Для обеспечения максимально возможного диспергирования реагентов-нейтрализаторов в нефти разработаны и опробованы различные технические решения. Так, на объектах ОАО "Татнефть" реализована подача реагента в нефть: через диспергирующую форсунку перед смесителем, во всасывающую линию непосредственно перед насосом, а также в часть ее потока — на прием

дополнительного центробежного насоса малой мощности, выполняющего функцию диспергатора, с последующим смешением обработанного нефтяного потока с основным объемом.

Исследованиями установлено [11], что наиболее эффективными реагентами для очистки нефтей Татарстана от сероводорода с точки зрения минимизации их расхода и времени взаимодействия являются композиции на основе аминов с формальдегидом. Наиболее эффективным в настоящее время является реагент Десульфон-СНПХ-1200.

На основе параформа, метанола, триэтиламина и ионогенного поверхностно-активного вещества разработаны новые нейтрализаторы сероводорода HSS-1 и HSS-2 для водно-нефтяных сред с эффективностью поглощения 71...98 %. При использовании данных нейтрализаторов практически не наблюдается образование полиметилсульфидов [3].

Поглотители занимают не последнее место в удалении сероводорода, особенно из высококипящих нефтей. Эффективными поглотителями сероводорода являются азотсодержащие органические основания, но они значительно увеличивают значение рН нефти и нефтепродуктов, что современными стандартами не допускается [12].

Использование в качестве поглотителя продуктов взаимодействия полиаминов с формальдегидом также ограничено из-за высокой стоимости и большого расхода исходных соединений [13].

Авторами патента на изобретение [14] предложено в качестве средства удаления сероводорода использовать аминоэфир общей формулы: $(R-)_nN(-CH_2-O-R)_m$. Предлагаемое средство и композиции на его основе обладают более высокой реакционной способностью по отношению к сероводороду и обеспечивают его эффективную нейтрализацию в водных и неводных средах как при обычных, так и повышенных температурах (10...90 °С и выше).

Особый интерес представляют гексатриазинны — химические соединения, вступающие в необратимую реакцию с сероводородом. Образующиеся при этом соединения обладают биоцидными свойствами, подавляют рост сульфатовосстанавливающих бактерий [15].

Таким образом, учитывая невысокую глубину переработки нефти на отечественных НПЗ, большой объем выпускаемой продукции и одновременный ввод жестких требований на содержание сероводорода в ней, необходимо развивать российский рынок присадок-реагентов, а также совершенствовать физические методы извлечения сероводорода из исходного сырья.



Список литературы

1. **Сираева И. Н.** Особенности переработки сернистых нефтей // Нефтегазовое дело. — 2011. — № 5. — С. 318—322.
2. **Сираева И. Н., Ляпина Н. К.** Сернистые соединения нефтей различного типа // Башкирский химический журнал. — 2011. — Т. 18, № 1. — С. 135—139.
3. **Ишмияров Э. Р.** Реагенты для нефтепромысловой химии (нейтрализаторы сероводорода, ингибиторы солеотложения и бактерициды) на основе полуацеталей формальдегида // Диссертация на соискание ученой степени канд. хим. наук. — Уфа, 2016. — 147 с.
4. **Ильясова Л. Р., Шамкаева А. И.** Выбор технологии очистки от сероводорода и меркаптанов при подготовке товарной нефти. В сборнике: Актуальные задачи управления качеством и конкурентоспособностью продукции в современных условиях // Материалы международной научно-практической конференции. Казанский кооперативный институт (филиал) АНО ОВО ЦС РФ "Российский университет кооперации"; Европейский университет Молдовы. — Казань, 2016. — С. 87—88.
5. **Попадин Н. В., Нурахмедова А. Ф., Прохоров Е. М., Тараканов Г. В.** Некоторые аспекты нейтрализации сероводорода в остаточных углеводородных топливах // Вестник АГТУ. — 2014. — № 2 (58). — С. 31—41.
6. **Патент 141374** Российская Федерация (полезная модель), С10G 31/00, С10G 31/08. Блок очистки мазута от сероводорода (варианты) / Абдулназарова М. А., Челнакова Т. В.; опублик. 10.06.2014.
7. **Технический регламент** Таможенного союза "О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту" (ТР ТС 013/2011) (в редакции Решения Совета Евразийской экономической комиссии от 23 июня 2014 г. № 43), 2014. — 28 с.
8. **Патент на изобретение 92421** Российская Федерация, С10 G 2900 Установка для десорбции сероводорода из высококипящих нефтепродуктов / Морозов В. А., Розенберг Л. С., Степанников С. В., Суяндукоев Р. А., Скоромец А. А., Киевский В. Я., Ямпольская М. Х.; опублик. 21.12.2009.
9. **Патент на изобретение 2223135** Российская Федерация, 7B 01D 19/00 А Способ очистки нефти от сероводорода / Вязовкин Е. С., Сельский Б. Е., Зайнагабдинов Ч. Ф.; опублик. 13.06.2001.
10. **Теляшев Г. Р., Теляшева М. Р., Теляшев Г. Г., Арсланов Ф. А.** Способ очистки сероводорода и меркаптансодержащей нефти // Территория Нефтегаз. — 2010. — № 5. — С. 42—47.
11. **Шпилов Д. Д.** Совершенствование технологий очистки нефти от сероводорода на нефтепромысловых объектах // Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. — Бугульма, 2011. — 28 с.
12. **Мумриков М. В., Лаптев А. Б., Бугай Д. Е., Рябухина В. Н.** Методология разработки эффективного поглотителя сероводорода из нефти и товарного мазута // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. — 2012. — № 1. — С. 116—122.
13. **Weers J. J. [US], O'Brien T. J. [US]** // Патент США № 5284576, С 10 L 1/22 А 1, С 10 L 1/22 Р 10. 1994-02-08. Petrolite corp. [US].
14. **Патент на изобретение 2349627** Российская Федерация, С 10 G 29 20, С 02 F 1 58, В 01 D 53 14, С 07 D 263 04, С 07 С 217 08, С 07 С 217 04, Е 21 В 43 22 Средство для удаления сероводорода и/или низкомолекулярных меркаптанов и способ его использования / Фахриев А. М., Фахриев Р. А.; опублик. 27.10.2005.
15. **Ахметов А. Ф., Сафин Е. А.** Высокоэффективные поглотители сероводорода и низших меркаптанов // Башкирский химический журнал. — 2012. — Т. 19. — № 4. С. 213—214.

N. N. Mikhailova, Associate Professor, **I. N. Suraeva**, Associate Professor, e-mail: siirina@mail.ru, **S. S. Zlotskii**, Professor, Head of Chair, Ufa State Petroleum Technical University

To the Question of Purification of Oil and Oil Products from Hydrogen Sulphide

In article results of research of scientists of Russia on the issue of purification oil and petroleum products from sulfur compounds, primarily hydrogen sulfide. Given efficient oil refining technology based on the use of chemical and physical methods of removal of hydrogen sulfide from oil: direct oxidation of hydrogen sulfide in oil with oxygen in the presence of an alkaline catalyst complex with the subsequent separation of the substrate from an aqueous solution of alkali; stripping hydrogen sulfide from oil reservationid gas; neutralization of hydrogen sulfide in oil with chemical reactants. It is shown that the most widespread use of chemical reagents. Considered the issues of ecological security and ecological purity of products of the oil refining industry.

Keywords: oil, purification technologies, hydrogen sulphide, physical and chemical removal methods, environmental safety

References

1. **Siraeva I. N.** Osobennosti pererabotki sernistyh neftej. *Neft-egazovoe delo*. 2011. No. 5. P. 318—322.
2. **Siraeva I. N., Ljapina N. K.** Sernistye soedinenija neftej razlichnogo tipa. *Bashkirskij himicheskij zhurnal*. 2011. Vol. 18, No. 1. P. 135—139.
3. **Ishmijarov Je. R.** Reagenty dlja neftepromyslovoj himii (nejtiralizatory serovodoroda, ingibitory soletolozhenija i baktericidy) na osnove poluacetalej formal'degida. *Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kand. him. nauk*. Ufa, 2016. 147 p.
4. **Il'jasova L. R., Shamkaeva A. I.** Vybor tehnologii ochistki ot serovodoroda i merkaptanov pri podgotovke tovarnoj nefti. V sbornike: Aktual'nye zadachi upravlenija kachestvom i konkurentosposobnost'ju produkcii v sovremennyh uslovijah. *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Kazanskij kooperativnyj institut (filial) ANO OVO CS RF "Rossijskij universitet kooperacii"; Evropejskij universitet Moldovy, Kazan'*, 2016. P. 87—88.
5. **Popadin N. V., Nurahmedova A. F., Prohorov E. M., Tarakanov G. V.** Nekotorye aspekty nejtiralizacii serovodoroda v ostatochnyh uglevodorodnyh toplivah. *Vestnik AGTU*. 2014. No. 2 (58). P. 31—41.
6. **Patent 141374** Rossijskaja Federacija (poleznaja model'), S10G 31/00, S10G 31/08. Blok ochistki mazuta ot serovodoroda (varianty). Abdulnazarova M. A., Chelnakova T. V.; opubl. 10.06.2014.
7. **Tehnicheskij reglament** Tamozhennogo sojuza "O trebovanijah k avtomobil'nomu i aviacionnomu benzinu, dizel'nomu i sudovomu toplivu, toplivu dlja reaktivnyh dvigatelej i mazutu" (TR TS 013/2011) (v redakcii Reshenija Soveta Evrazijskoj je-konomicheskoy komissii ot 23 ijunja 2014 g. No. 43), 2014. 28 p.
8. **Patent na izobretenie 92421** Rossijskaja Federacija, S10 G 2900 Ustanovka dlja desorbicii serovodoroda iz vysokokip-jashhih nefteproduktov. Morozov V. A., Rozenberg L. S., Stepannikov S. V., Sujundukov R. A., Skoromec A. A., Kievsckij V. Ja., Jampol'skaja M. H.; opubl. 21.12.2009.
9. **Patent na izobretenie 2223135** Rossijskaja Federacija, 7V 01D 19/00 A Sposob ochistki nefti ot serovodoroda. Vjazovkin E. S., Sel'skij B. E., Zajnagabdinov Ch. F.; opubl. 13.06.2001.
10. **Teljashev G. R., Teljasheva M. R., Teljashev G. G., Arslanov F. A.** Sposob ochistki serovodoroda i merkaptansoder-zhashhej nefti. *Territorija Neftegaz*. 2010. No. 5. P. 42—47.
11. **Shipilov D. D.** Sovershenstvovanie tehnologij ochistki nefti ot serovodoroda na neftepromyslovyh ob#ektah. Avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tehnic-eskih nauk. Bugul'ma. 2011. 28 p.
12. **Mumrikov M. V., Laptev A. B., Bugaj D. E., Rjabuhina V. N.** Metodologija razrabotki jeffektivnogo poglotitelja serovodoroda iz nefti i tovarnogo mazuta. *Problemy sbora, podgotovki i trans-porta nefii i nefteprouktov*. 2012. No. 1. P. 116—122.
13. **Weers J. J. [US], O'Brien T. J. [US]**. Patent SShA № 5284576, S 10 L 1/22 A 1, C 10 L 1/22 P 10. 1994-02-08. Petrolite corp. [US].
14. **Patent na izobretenie 2349627** Rossijskaja Federacija, C 10 G 29 20, C 02 F 1 58, B 01 D 53 14, C 07 D 263 04, C 07 C 217 08, C 07 C 217 04, E 21 B 43 22 Sredstvo dlja udalenija serovodoroda i/ili nizkomolekuljarnyh merkaptanov i sposob ego ispol'zovanija. Fahriev A. M., Fahriev R. A.; opubl. 27.10.2005.
15. **Ahmetov A. F., Safin E. A.** Vysokojeffektivnye poglotiteli serovodoroda i nizshih merkaptanov. *Bashkirskij himicheskij zhurnal*. 2012. Vol. 19. No. 4. P. 213—214.

Информация

Продолжается подписка на журнал "Безопасность жизнедеятельности" на первое полугодие 2018 г.

Оформить подписку можно через подписные агентства
или непосредственно в редакции журнала

Подписные индексы по каталогам:

Роспечать — 79963; Пресса России — 94032

Адрес редакции: 107076, Москва, Стромьинский пер., д. 4,
Издательство "Новые технологии",
редакция журнала "Безопасность жизнедеятельности"

Тел.: (499) 269-53-97. Факс: (499) 269-55-10. E-mail: bjd@novtex.ru

УДК 504.064.36

А. М. Сафаров, д-р техн. наук, доц., Уфимский государственный нефтяной технический университет, **Р. М. Хатмуллина**, канд. хим. наук, зам. директора, **В. И. Сафарова**, д-р хим. наук, проф., директор, e-mail: guugak@mail.ru, **Г. Ф. Шайдулина**, канд. техн. наук, начальник отдела, ГБУ РБ Управление государственного аналитического контроля, Уфа

Ранжирование аварийных ситуаций на нефте- и продуктопроводах по степени их воздействия на окружающую среду

Приведена классификация аварийных ситуаций, произошедших в период с 1995 по 2013 г. по их степени воздействия на природную среду. Все аварии условно разделены на три группы: приведшие к загрязнению водных объектов, почвенного покрова и сопряженных компонентов природной среды. Выявлены факторы, способствующие снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Ключевые слова: нефтепродукты, нефтепровод, природная вода, почвенный покров, ликвидационные мероприятия

Введение

Нефтяная отрасль является одним из наиболее интенсивных источников загрязнения окружающей среды. Добыча, транспортировка, переработка, хранение, а также реализация нефти и нефтепродуктов значительно влияют на состояние природной среды, приводя к глубокому изменению всех ее компонентов [1, 2].

Деятельность предприятий нефтяной промышленности характеризуется высокой аварийностью, часто сопровождается нарушениями технологического режима, приводящими как к незначительным инцидентам, так и к серьезным авариям и катастрофам. В большинстве случаев попадание нефти в окружающую среду является нештатной ситуацией, а порывы магистральных нефтепроводов трактуются как чрезвычайные ситуации.

В зависимости от объемов и физико-химических характеристик пролитого вещества (нефти, нефтепродукта и т. д.) ликвидация последствий загрязнения может длиться от нескольких месяцев до нескольких лет, а иногда и десятилетий, с огромными затратами на восстановление территории до первоначального состояния. При этом степень воздействия разливов нефтяных углеводородов на окружающую среду во многом зависит от своевременности, правильности и оперативности выполнения работ по локализации источника загрязнения [3].

В данной работе обобщены сведения о произошедших в Республике Башкортостан (РБ) нештатных ситуациях, связанных с разливами нефти и нефтепродуктов.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись пробы воды, почвенного покрова, грунтов, донных отложений, загрязненных нефтяными углеводородами. Отбор проб проводился в соответствии с нормативными документами. Концентрацию нефтепродуктов в пробах определяли методом ИК-спектрофотометрии.

Обсуждение результатов

Ежегодно в Республике Башкортостан происходят аварии на предприятиях нефтедобычи и транспорта, разгерметизация нефте- и продуктопроводов, которая обусловлена их износом из-за внутреннего коррозионного воздействия, несанкционированными врезками и т. д.

В таблице приведен перечень некоторых аварий, произошедших в РБ в 1995—2013 гг. По результатам наблюдений и аналитического контроля объектов окружающей среды после аварийных ситуаций проведено ранжирование их последствий для различных компонентов природной среды. При этом все рассмотренные аварийные ситуации условно разделены на три группы:

- приведшие к загрязнению почвенного покрова;
- повлекшие загрязнение водных объектов;
- приведшие к загрязнению сопряженных компонентов природной среды.



Сведения об аварийных ситуациях, произошедших в Республике Башкортостан (1995—2013 гг.)

Год	Характер аварии	Загрязненный природный объект	Содержание нефтепродуктов	Проведенные мероприятия	Ранг аварии
1996	Порыв нефтепровода	Ледовый покров р. Ик	Вода — до 7,5 мг/дм ³	Установка боновых заграждений, нефтеловушек, обваловка	1
2000	Порыв нефтепровода	Р. Мордовские Сули	Вода — до 0,8 мг/дм ³	Нет данных	1
2001	Разгерметизация продуктопровода	Ледовый покров ручья Ухундыкул	Лед — 7,6 кг/м ²	Нет данных	1
2002	Утечка нефти из камеры пуска ЛПДС	Ручей Елантрыш и далее р. Теляк	Вода р. Елантрыш — до 0,9 мг/дм ³ , р. Теляк — до 0,31 мг/дм ³	Установка боновых заграждений	1
2006	Порыв мазутопровода	Р. Сим	Вода — до 0,4 мг/дм ³	Установка боновых заграждений, использование сорбента	1
2006	Порыв нефтепровода	Р. Сатка	Вода — до 0,37 мг/дм ³	Установка боновых заграждений	1
2013	Порыв нефтепровода	Р. Суваляш	Вода — до 43,74 мг/дм ³	То же	1
1995	Порыв магистрального продуктопровода	Почвенный покров	3,1...31,5 г/кг	Снятие загрязненного слоя почвы, замена его насыпным гумусно-аккумулятивным горизонтом	2
2005	Порыв нефтепровода	Почвенный покров, грунты	3,3...17,1 г/кг	Снятие загрязненного слоя почвы, замена его насыпным гумусно-аккумулятивным горизонтом	2
1996	Порыв нефтепровода	Почвенный покров	18,1...38,3 г/кг	То же	2
1997	Порыв нефтепровода	Почвенный покров	3,2...13,4 г/кг	То же	2
1998	Порыв нефтепровода	Почвенный покров и грунты	3,2...18,0 г/кг	То же	2
1998	Порыв нефтепровода	Почвенный покров	4,5...21,7 г/кг	То же	2
2000	Порыв продуктопровода (бензин)	Почвенный покров	0,6...4,5 мг/кг	То же	2
2002	Порыв нефтепровода	Почвенный покров	9,6...10,7 г/кг	То же	2
2003	Порыв отвода продуктопровода (бензин)	Почвенный покров	До 22,3 г/кг	То же	2
2003	Разлив нефти из промышленного нефтепровода	Почвенный покров и грунты	0,3...17,8 г/кг	То же	2
2013	Порыв нефтепровода	Почвенный покров	0,07...0,16 г/кг	То же	2
2013	Порыв нефтепровода	Почвенный покров	2,15...15,47 г/кг	Снятие загрязненного слоя почвы, замена его насыпным гумусно-аккумулятивным горизонтом	2
2004	Порыв нефтепровода	Почвенный покров, ручей Бурцев Лог	Вода — до 6,4 мг/дм ³	То же	3
1995	Порыв нефтепровода	Ледовый покров, вода, донные отложения, атмосферный воздух	Вода — до 0,14 мг/дм ³	Снятие ледового покрова, установка боновых заграждений, прорезание майн, использование сорбента, сжигание нефти	3



Продолжение таблицы

Год	Характер аварии	Загрязненный природный объект	Содержание нефтепродуктов	Проведенные мероприятия	Ранг аварии
1998	Порыв трубопровода	Почвенный покров пойменного участка, ледовый покров, вода р. Кармасан	Вода — до 0,3 мг/дм ³ , почва — 426 г/кг	Снятие почвенного и ледового покровов, установка боновых заграждений, прорезание майн, использование сорбента	3
1999	Порыв нефтепровода	Почвенный покров и р. Чуюнчик — приток р. Так-Елга	Вода р. Чуюнчик — до 2,7 мг/дм ³	Установка боновых заграждений на р. Чуюнчик и р. Так-Елга	3
1999	Порыв нефтепровода	Почвенный покров, р. Улуир, р. Ай	Вода р. Улуир — до 13,7 мг/дм ³ , вода р. Ай — до 150 мг/дм ³ , почва — 3,7...31,7 г/кг	Установка боновых заграждений, сооружение дамбы, использование сорбента	3
1999	Порыв выкидного нефтепровода	Почвенный покров, ручей — приток р. Тауш	Вода ручья — до 5,8 мг/дм ³	Почвенный покров	3
2000	Порыв нефтепровода	Почвенный покров, вода р. Чермасан	Вода — до 0,28 мг/дм ³	Установка боновых заграждений	3
2001	Порыв трубопровода	Почвенный покров, р. Кармасан	Вода — 0,75...1,8 мг/дм ³ , почва — 12,0...26,4 г/кг	То же	3
2002	Порыв нефтепровода	Почвенный покров, р. Кiekбак	Вода — до 0,26 мг/дм ³	То же	3
2003	Утечка дизельного топлива из продуктопровода	Почвенный покров, Фирсов ручей, р. Шугуровка	Вода ручья — до 12,5 мг/дм ³ , почва — 0,2...13,6 г/кг	Установка перекрытий по оврагу и боновых заграждений на р. Шугуровка	3
2003	Порыв нефтепровода	Почвенный покров, ледовый покров р. Улу-Теляк	Вода р. Улу-Теляк — до 8,8 мг/дм ³ , почва — 58,4...110,7 г/кг	Снятие ледового и почвенного покровов, установка боновых заграждений, сооружение дамбы с гусакom, сжигание нефти	3
2006	Порыв нефтепровода	Почвенный покров, грунты, р. Бишинды, р. Усень	Вода р. Бишинды — до 5,0 мг/дм ³ , почва — до 107 г/кг	Установка боновых заграждений, сооружение дамб, использование сорбента	3
2008	Порыв магистрального нефтепровода	Почвенный покров, лесной массив, ручей Безымянный — приток р. Улуир	Почвенный покров — до 142,5 мг/кг, вода — до 0,06 мг/дм ³	Снятие загрязненного слоя почвы и замена его насыпным гумусно-аккумулятивным горизонтом, сооружение дамб с водопропускными устройствами	3
2013	Порыв трубопровода	Почвенный покров, р. Юг	Почвенный покров, вода — до 56,5 мг/дм ³	Снятие загрязненного слоя почвы и замена его насыпным гумусно-аккумулятивным горизонтом	3
2006	Порыв нефтепровода	Почвенный покров, грунты, р. Бишинды, р. Усень	Вода р. Бишинды — до 5,0 мг/дм ³ , почва — до 107 г/кг	Установка боновых заграждений, сооружение дамб, использование сорбента	3
2008	Порыв магистрального нефтепровода	Почвенный покров, лесной массив, ручей Безымянный — приток р. Улуир	Почвенный покров — до 142,5 мг/кг, вода — до 0,06 мг/дм ³	Снятие почвы и замена его насыпным гумусно-аккумулятивным горизонтом, сооружение водопропускных дамб	3
2013	Порыв трубопровода	Почвенный покров, р. Юг	Почвенный покров, вода — до 56,5 мг/дм ³	Снятие загрязненного слоя почвы и замена его насыпным гумусно-аккумулятивным горизонтом	3

Из таблицы видно, что аварийному загрязнению поверхностных вод присвоен первый ранг. Система защиты водотоков от загрязнения нефтью и нефтепродуктами включает в себя различные составляющие, в том числе контроль, прогноз, а также оперативные мероприятия по устранению последствий и т. д. При поступлении нефти в водные объекты осуществляют сбор нефти с водной поверхности и при необходимости очистку берегов и донных отложений.

Второму по сложности и продолжительности защитных мероприятий рангу соответствуют аварии, повлекшие загрязнение почв и грунтов. Для устранения последствий таких аварий осуществляют снятие загрязненного слоя почвы, формируют насыпной гумусно-аккумулятивный горизонт.

Своевременное проведение рекультивационных работ при этом предотвращает дальнейшее распространение (например, по почвенному профилю) нефтяного загрязнения.

Как видно из таблицы, самый высокий третий ранг присвоен авариям, приведшим к комплексному загрязнению окружающей среды, т. е. воды, почвы и других сопряженных компонентов природной среды. Ликвидация таких аварий является наиболее сложной, требует более длительного времени и затрат. Это связано с тем, что при одновременном загрязнении почвы, поверхностных и подземных вод, донных отложений озер и рек, растительности устранить последствия гораздо сложнее. В этом случае выбор ликвидационных мероприятий и порядок их проведения должен обеспечить не только сбор разлитой в водном объекте нефти, но и реабилитацию всей загрязненной территории. Наиболее сложной является восстановление загрязненных подземных горизонтов.

Анализ многолетних данных показывает (см. таблицу), что трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов относится к наиболее аварийно опасным объектам в нефтяной промышленности, причем подводные переходы через водные объекты являются самыми проблемными участками магистральных нефтепроводов. Во время аварийных ситуаций нефть чаще всего поступает в водный объект двумя путями: со дна реки при аварии на подводном переходе или по рельефу местности при порывах подземных трубопроводов.

Поведение нефтяных углеводородов в воде определяется гидрологическими и морфометрическими характеристиками водотоков, климатическими условиями на момент аварии, а также свойствами самой нефти. К основным природным факторам, влияющим на скорость и направление распространения нефтяного загрязнения

в водном объекте, относятся скорость течения реки на участке русла в створе с подводным магистральным нефтепроводом, а также в прилегающих рукавах реки; гидрометеорологические и климатические условия в момент возникновения и в период ликвидации аварии; рельеф береговой зоны, дна реки и наличие растительности.

Технологические факторы также имеют значение. Это объем утечки нефти из поврежденного участка трубопровода, профиль трассы нефтепровода, характер повреждения стенки нефтепровода, свойства нефти и нефтепродуктов.

Ликвидация последствий аварии может осуществляться разными способами. Например, поддержание и сбор нефти на малых реках и водоемах может проводиться путем создания временных или постоянных запруд или дамб с водоперепускными трубами [5]. На участке водотока перед дамбой происходит накопление воды с образованием слоя пленочной нефти, которая затем собирается нефтесборщиками.

Поверхностное загрязнение почвы и грунта происходит при разливах нефти из магистральных нефтепроводов, при утечках из наземных резервуаров и т. д. Интенсивность загрязнения зависит от объема излившихся нефтепродуктов и климатических условий:

- в теплое время года сорбционная емкость почв и грунтов обуславливает пропитывание грунта нефтью и способствует проникновению ее вглубь до водоносного горизонта;
- в зимнее время при попадании нефти на промерзший грунт основная масса ее может стекать по рельефу. Учитывая, что нефть в трубопроводе имеет положительную температуру, длительный контакт ее с промерзшей поверхностью грунта может привести к загрязнению более глубоких его слоев.

Исследование поведения нефтяных углеводородов и анализ аварийных разливов нефти дали возможность определить ряд технических факторов, способствующих снижению их воздействия на окружающую среду:

- непродолжительное время контакта нефти или нефтепродукта с почвенным покровом;
- предотвращение загрязнения более глубоких слоев почвы и подземных вод;
- максимально быстрое и грамотное возведение защитных сооружений для перехвата нефти или нефтепродукта;
- наличие в русле водотока гидротехнических сооружений (например, прудов рекреационного назначения), заполненных водой в объемах, достаточных для создания гидрозатвора;
- близость защитного гидротехнического сооружения к источнику загрязнения.



При небольшой продолжительности контакта нефтяных углеводородов с водой и наличии гидротехнических сооружений ниже места их поступления степень воздействия на речной биогеоценоз может быть сведена до минимума [5, 6].

Заключение

При аварийных ситуациях на магистральных нефте- и продуктопроводах неизбежно загрязняются нефтью и нефтепродуктами природные воды, почва и грунты. Максимальное техногенное воздействие при аварийных разливах оказывается на почвенный покров и грунты в местах систематических и аварийных утечек и проливов нефтепродуктов из наземных источников загрязнения (резервуаров, продуктопроводов, площадок, где осуществляются сливно-заливочные операции и др.), а также на участках наземного скапливания и транзита загрязненных технологических сточных вод, а также грунтовые воды. При утечках нефти и нефтепродуктов из подземных коммуникаций загрязняются грунты и подземные воды; при авариях на подводных переходах нефте-, продуктопроводов — вода, донные отложения водных объектов и пойменные почвы. При этом все виды

воздействия на гидролитосферу тесно взаимосвязаны; загрязнение подземных вод может считаться наиболее опасным из них.

Список литературы

1. Солнцева Н. П. Добыча нефти и геохимия природных ландшафтов. — М.: МГУ, 1998. — 376 с.
2. Абросимов А. А. Экология переработки углеводородных систем. — М.: Химия, 2002. — 608 с.
3. РД 153-39.4-114-01 Руководящий документ. Правила ликвидации аварий и повреждений на магистральных нефтепроводах / Министерство энергетики Российской Федерации, 2002. — 31 с.
4. Сафаров А. М., Кудашева Ф. Х. Оценка развития пост-аварийных ситуаций при порывах магистральных нефтепроводов // Нефтегазовое дело. Электрон. науч. журн. 2007. № 2. URL: http://www.ogbus.ru/authors/SafarovAM/SafarovAM_3.pdf (дата обращения 15.08.2017).
5. Сафаров А. М., Минигазимов Н. С., Фатьянова Е. В., Хатмуллина Р. М. Оптимизация ликвидационных мероприятий при попадании нефти в горный водоток // Нефтегазовое дело. Электрон. науч. журн. 2007. № 2. URL: http://www.ogbus.ru/authors/SafarovAM/SafarovAM_3.pdf (дата обращения 15.08.2017).
6. Сафаров А. М., Сафарова В. И., Колчина А. А., Кудашева Ф. Х. Особенности локализации нефтяных загрязнений на реках, связанные с последствиями аварий на подводных нефтепроводах // Нефтегазовое дело. Электрон. науч. журн. 2005. № 1. URL: http://www.ogbus.ru/authors/SafarovAM/SafarovAM_1.pdf (дата обращения 15.08.2017).

A. M. Safarov, Associate Professor, Ufa State Petroleum Technical University,
R. M. Khatmullina, Deputy Director, e-mail: guugak@mail.ru,
V. I. Safarova, Professor, Director, **G. F. Shaidulina**, Head of Department, State Budget
Institution of Bashkortostan Republic State Analytical Control Department, Ufa

Ranking of Emergency Situations on Oil and Product Pipelines in Terms of their Impact on the Environment

Classification of emergency situations occurred in the period from 1995 to 2013 by their impact on the natural environment. All accidents are conditionally divided into three groups: water bodies, soil cover and associated components of the natural environment. Factors that contribute to reducing the negative impact on the environment have been identified.

Keywords: oil-products, oil pipeline, natural water, soil, liquidation activities

References

1. Solntzeva N. P. Dobycha nefiti i geokhimiya prirodnykh landshaftov. Moscow: MGU, 1998. 376 p.
2. Abrosimov A. A. Ecologiya pererabotki uglevodorodnykh sistem. Moscow: Khimiya, 2002. 608 p.
3. RD 153-39.4-114-01 Rukovodyashchiy dokument. Pravila likvidatsii avari i povrezhdeniy na magistral'nykh nefteprovodakh / Ministerstvo energetiki Rossiyskoy Federatsii, 2002. 31 p.
4. Safarov A. M., Kudasheva F. Kh. Otsenka razvitiya postavariyных situatsiy pri poryvakh magistral'nykh nefteprovodov. *Neftegazovoye delo*. Elektronnyy nauchnyy zhurnal. 2007. No. 2. URL: http://www.ogbus.ru/authors/SafarovAM/SafarovAM_3.pdf (date of access 15.08.2017).
5. Safarov A. M., Minigazimov N. S., Fat'yanova Ye. V., Khatmullina R. M. Optimizatsiya likvidatsionnykh meropriyatiy pri popadaniy nefiti v gornyy vodotok. *Neftegazovoye delo*. 2007. No. 2. URL: http://www.ogbus.ru/authors/SafarovAM/SafarovAM_3.pdf (date of access 15.08.2017).
6. Safarov A. M., Safarova V. I., Kolchina A. A., Kudasheva F. Kh. Osobennosti lokalizatsii neftyanykh zagryazneniy na rekakh, svyazannyye s posledstviyami avari na podvodnykh nefteprovodakh. *Neftegazovoye delo*. Elektronnyy nauchnyy zhurnal. 2005. No. 1. URL: http://www.ogbus.ru/authors/SafarovAM/SafarovAM_1.pdf (date of access 15.08.2017).

УДК 543.38:504.4

Е. В. Фатьянова, канд. техн. наук, начальник отдела,
Р. М. Хатмуллина, канд. хим. наук, зам. директора,
Е. Б. Галактионова, канд. хим. наук, начальник отдела,
Г. Р. Яппарова, инж., **В. И. Сафарова**, д-р хим. наук, проф., директор,
e-mail: guugak@mail.ru, ГБУ РБ Управление государственного аналитического контроля, Уфа

Органические соединения в донных отложениях реки Белой

Приведены данные о составе органических соединений донных отложений р. Белой, отобранных на промышленно-урбанизированных территориях и в условно чистых районах. Установлено, что основным источником поступления органических соединений являются повсеместно действующие источники загрязнения.

Ключевые слова: донные отложения, летучие хлорированные углеводороды, малолетучие органические соединения, полициклические ароматические углеводороды, сточные воды, промышленно-урбанизированные территории

Введение

В условиях сложившейся системы природопользования, при которой природные воды перерабатываются и практически все реки являются коллекторами сточных вод и загрязненного стока с хозяйственно-освоенных территорий, химический состав и качество природных вод неизбежно меняются. Река Белая протекает по всей территории Республики Башкортостан, и ее ресурсы активно используются в народном хозяйстве. На реке зарегулировано несколько водохранилищ, расположено 10 городов и ряд крупных промышленных предприятий теплоэнергетики, химической, нефтехимической, нефтеперерабатывающей отраслей. В результате антропогенной деятельности в реку поступают большие массы загрязняющих веществ, причем в силу специфики предприятий-водопользователей р. Белой основную долю в сбросах составляют органические соединения. Помимо предприятий большой вклад в загрязненность реки органическими ингредиентами вносят повсеместно действующие источники, такие как свалки, неорганизованные ливневые стоки, мусор в воде.

Органические соединения из-за их малой растворимости способны сорбироваться на взвешенные частицы, присутствующие в воде, и вместе с ними оседать на дно водоема и накапливаться в донных отложениях [1]. Таким образом, донные отложения, аккумулируя загрязнения, которые поступают в водоем на

протяжении продолжительного периода, являются индикатором экологического состояния территории, своеобразным показателем уровня загрязненности [2].

Целью настоящей работы является исследование состава органических соединений донных отложений р. Белой, отобранных на различных ее участках.

Материалы и методы исследования

Река Белая характеризуется неоднородной степенью насыщенности промышленного производства и сельского хозяйства на разных ее участках. Также для р. Белой характерно увеличение водности в нижнем течении в сотни раз по сравнению с верховьями, то есть способность реки к самоочищению также неодинаковая. Поскольку техногенная нагрузка на водоток, как по химической природе, так и по объемам поступающих загрязнений, не равномерна, то на реке сформировались и загрязненные участки, и условно чистые.

Мониторинг донных отложений р. Белой в разных ее створах проводится в соответствии с постановлением Правительства РБ, а также в ходе выполнения плановых и договорных работ. В данной статье обобщены данные по загрязненности донных осадков органическими соединениями, полученные за 15 лет. Пробы донных отложений отбирали на промышленно-урбанизированных территориях (в створах,



расположенных в местах сбросов сточных вод промышленных предприятий и коммунальных стоков городов, в бьефах водохранилищ), а также на условно чистых территориях, не подверженных прямому антропогенному воздействию (в верховьях реки, в створах, расположенных между городами). В каждой отобранной пробе донных отложений определяли летучие хлорированные и ароматические углеводороды, малолетучие органические соединения (фенол, хлорфенолы, крезолы и другие алкилфенолы, карбоновые кислоты C_5-C_{18} , алканы), полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), хлорорганические пестициды (гексахлорбензол, гексахлоран, ДДТ и его метаболиты, 2,4-Д). Таким образом, в каждой пробе донных отложений определяли около 100 органических соединений. В табл. 1 и 2 представлены диапазоны концентраций, среднемноголетние концентрации и частота встречаемости ингредиентов, которые были обнаружены.

Обсуждение результатов

Приведенные в табл. 1 органические соединения, обнаруженные в створах р. Белой, не подвергались прямому антропогенному воздействию. Из таблицы видно, что в створах, отнесенных к условно чистым, было обнаружено 29 органических соединений, из них наиболее часто встречаемыми являлись ПАУ — фенантрен, пирен, бенз(b)флуорантен, бенз(k)флуорантен, флуорен (частота их встречаемости составляла более 50 %).

Известно, что присутствие ПАУ в окружающей среде обусловлено как естественными, так и антропогенными процессами. Для оценки происхождения обнаруженных ПАУ используются различные соотношения между углеводородами антропогенного и природного происхождения. Так, например, для расчета индекса техногенности ПАУ используют соотношение концентраций суммы флуорантена и пирена к сумме фенантрена и хризена.

Таблица 1

Органические соединения в донных отложениях р. Белой, отобранных в условно чистых районах

№ п/п	Обнаруженные органические соединения	Диапазон концентраций, мг/кг	Среднемноголетняя концентрация, мг/кг	Частота встречаемости, %
1	Бензол	<0,004...0,011	0,0004	16,1
2	Толуол	<0,004...0,622	0,0305	35,7
3	Этилбензол	<0,004...0,010	0,0004	5,4
4	м(п)-Ксилолы	<0,004...0,700	0,0145	12,5
5	о-Ксилол	<0,004...0,050	0,0016	10,7
6	1,3,5-Триметилбензол	<0,004...0,039	0,0010	10,7
7	1,2,4-Триметилбензол	<0,004...0,100	0,0012	7,1
8	4-Изопропилтолуол	<0,004...0,040	0,0025	7,1
9	Нафталин	<0,005...0,020	0,0012	16,1
10	Фенол	<0,005...0,130	0,0018	41,1
11	м(п)-Крезол	<0,005...0,922	0,0112	53,6
12	Карбоновые кислоты C_5-C_{18} (Σ)	<0,009...9,025	1,711	78,8
13	Алканы (Σ)	<0,007...2,650	0,277	72,9
14	Алкилфенолы (Σ)	<0,005...0,725	0,057	28,8
15	Бенз(a)пирен	<0,0005...0,0103	0,0010	42,9
16	Аценафтен	<0,0005...0,0021	0,0001	3,6
17	Флуорен	<0,0005...0,0110	0,0013	60,7
18	Фенантрен	<0,0006...0,0258	0,0052	98,2
19	Антрацен	<0,0005...0,0148	0,0008	37,5
20	Флуорантен	<0,0005...0,0301	0,0037	94,6
21	Пирен	<0,0005...0,0186	0,0026	85,7
22	Бенз(a)антрацен	<0,0005...0,0101	0,0006	32,1
23	Хризен	<0,0005...0,0092	0,0015	69,6
24	Бенз(b)флуорантен	<0,0005...0,0303	0,0029	82,1
25	Бенз(k)флуорантен	<0,0005...0,0045	0,0003	73,2
26	Бензо(g,h,i)перилен	<0,0005...0,0132	0,0009	35,7
27	Индено(1,2,3-cd)пирен	<0,0005...0,0068	0,0007	42,9
28	Гексахлоран	<0,010...0,043	0,001	3,6
29	Гексахлорбензол	<0,010...0,056	0,001	1,8

Преобладание техногенных ПАУ соответствует значениям индекса >1 [3, 4]. Для условно чистых створов р. Белой индекс техногенности ПАУ варьировал в диапазоне 0,1...3,4, причем техногенные ПАУ преобладали в 41 % проанализированных проб.

В свою очередь, техногенные ПАУ могут иметь нефтяное или пиролитическое происхождение. Присутствие нефтяных и пирогенных соединений оценивают по индексу пироженности, рассчитанному по отношению флуорантена к сумме флуорантена и пирена и характеризующему преобладание полиаренов пирогенного происхождения при значениях индекса $<0,5$ [3]. Результаты проведенного анализа показали, что пирогенные ПАУ преобладали в 12 из 56 условно чистых створов р. Белой. Присутствие техногенных ПАУ на участках, не подверженных сбросам сточных вод предприятий, может быть связано с повсеместно действующими антропогенными источниками, в частности автомобильным транспортом или несанкционированными свалками или мусором в воде (флуорантен, хризен входят в состав красителей).

Практически во всех пробах донных отложений условно чистых створов были обнаружены карбоновые кислоты и алканы, присутствие которых обусловлено естественными процессами. Известно, что карбоновые кислоты, имеющие в своей цепочке четное число атомов углерода, имеют природное происхождение — они синтезируются в растениях и организмах животных. Нечетные карбоновые кислоты выделяются либо в результате процессов гниения, либо синтезируются в промышленности [5]. Соответственно преобладание в природных объектах карбоновых кислот с нечетным количеством атомов углерода свидетельствует об их техногенном загрязнении. В отобранных пробах донных отложений содержание четных (природных) карбоновых кислот составляло в разных створах 54...94 % от общей суммы кислот, что свидетельствует об их естественном происхождении.

Органические соединения, приведенные в табл. 2, обнаружены в створах промышленно-урбанизированных территорий. Из таблицы видно, что перечень органических соединений, обнаруженных в зоне влияния сбросов промышленных и коммунальных сточных вод, значительно шире. Так, в пробах донных отложений были обнаружены хлорированные углеводороды (четырёххлористый углерод, хлороформ, трихлорэтилен, перхлорэтилен, 1,2-дихлорэтан и др.). Эти соединения были обнаружены в створе ниже г. Стерлитамака и являются специфическими загрязнителями предприятий Южного промышленного узла.

В створах ниже сбросов коммунальных сточных вод г. Уфы была обнаружена молекулярная сера. В створах реки, расположенных ниже по течению, указанные соединения уже обнаружены не были.

Таким образом, загрязнение донных отложений специфическими органическими соединениями носит локальный характер и приурочено к конкретным источникам загрязнения [6].

Летучие ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилолы, 1,3,5- и 1,2,4-триметилбензолы, 4-изопропилтолуол, нафталин) обнаруживались и в условно чистых районах (см. табл. 1). В створах, расположенных на урбанизированных территориях, данные соединения встречались чаще и содержались в концентрациях, в 2—23 раза превышающих их концентрации в условно чистых районах. Максимальное их содержание было обнаружено в донных отложениях, отобранных ниже Уфимского промышленного узла, где сконцентрированы предприятия топливно-энергетического комплекса, нефтеперерабатывающие и нефтехимические предприятия. То есть летучие ароматические углеводороды поступают как из повсеместно действующих источников, например, с выхлопами автомобильного транспорта, так и со сточными водами. Также в створах промышленно-урбанизированных территорий были обнаружены малолетучие алкилбензолы C_{15} — C_{20} .

Достаточно распространенными поллютантами рек являются фенол и крезолы, которые широко используются в лакокрасочной, деревообрабатывающей, фармацевтической, кожевенной промышленности [7]. Кроме того, фенол поступает в водоемы и из естественных источников, например, в результате гниения и разложения затопленной древесины, а также в процессе метаболизма водных организмов, при биохимическом распаде и трансформации органических веществ. В летнее время года происходит как бы самозагрязнение воды в водоемах фенолами за счет интенсивного распада высокомолекулярных соединений [8]. Алкилфенолы (третбутилфенол, метоксиметилфенол, дитретбутилфенол и др.) используются в качестве стабилизаторов и наполнителей при производстве пластмасс. Вследствие повсеместного использования продукции, полученной с применением фенолов, они постоянно обнаруживаются в разных объектах окружающей среды. Фенолы также входят в состав выхлопных газов бензиновых и дизельных двигателей, присутствуют в сточных



Таблица 2

Органические соединения в донных отложениях р. Белой, отобранных в промышленно-урбанизированных районах

№ п/п	Обнаруженные органические соединения	Диапазон концентраций, мг/кг	Среднеголетняя концентрация, мг/кг	Частота встречаемости, %
1	Четыреххлористый углерод	<0,004...0,280	0,006	4,9
2	Хлороформ	<0,004...0,040	0,001	3,7
3	Трихлорэтилен	<0,004...0,033	0,001	7,4
4	Перхлорэтилен	<0,004...1,270	0,029	16,0
5	1,1-Дихлорэтан	<0,004...12,60	0,157	2,5
6	1,2-Дихлорэтан	<0,004...0,090	0,002	9,9
7	1,2-Дихлорпропан	<0,004...0,012	0,001	2,5
8	транс-1,2-Дихлорэтен	<0,004...2,240	0,029	2,5
9	1,2,3-Трихлорпропан	<0,004...1,100	0,016	4,9
10	1,1,1,2-Тетрахлорэтан	<0,004...0,280	0,007	3,7
11	Бензол	<0,004...0,092	0,006	24,7
12	Толуол	<0,004...14,44	0,349	55,6
13	Этилбензол	<0,004...0,200	0,008	18,5
14	м(п)-Ксилолы	<0,004...0,200	0,009	28,4
15	о-Ксилол	<0,004...0,140	0,006	21,0
16	Изопропилбензол	<0,004...0,840	0,014	9,9
17	1,3,5-Триметилбензол	<0,004...0,100	0,006	34,6
18	1,2,4-Триметилбензол	<0,004...0,200	0,009	23,5
19	4-Изопропилтолуол	<0,004...19,270	0,243	23,5
20	Хлорбензол	<0,004...1,903	0,025	4,9
21	1,3-Дихлорбензол	<0,004...0,246	0,003	2,5
22	1,4-Дихлорбензол	<0,004...0,442	0,006	2,5
23	Нафталин	<0,004...1,260	0,053	39,5
24	Фенол	<0,005...0,561	0,053	54,3
25	м(п)-Крезол	<0,005...5,120	0,211	63,0
26	о-Крезол	<0,005...0,072	0,002	9,9
27	Карбоновые кислоты C ₅ -C ₁₈ (Σ)	0,009...27,44	2,705	100
28	Алканы (Σ)	0,012...22,56	1,251	100
29	Алкилбензолы (Σ)	<0,005...13,58	0,357	78,3
30	Алкилфенолы (Σ)	<0,005...23,75	0,815	41,3
31	Сера органическая	<0,005...13,57	0,189	2,5
32	Бенз(а)пирен	<0,0005...0,138	0,0177	84,0
34	Аценафтен	<0,0005...0,054	0,0021	32,1
35	Флуорен	<0,0005...0,100	0,0093	88,9
36	Фенантрен	0,0005...0,358	0,0355	100
37	Антрацен	<0,0005...0,063	0,0037	74,1
38	Флуорантен	<0,0005...0,792	0,0502	82,7
39	Пирен	<0,0005...0,280	0,0385	96,3
40	Бенз(а)антрацен	<0,0005...0,108	0,0133	75,3
41	Хризен	<0,0005...0,109	0,0190	82,7
42	Бенз(б)флуорантен	<0,0005...0,419	0,0307	92,6
43	Бенз(к)флуорантен	<0,0005...0,059	0,0079	75,3
44	Дибенз(а, h)антрацен	<0,0005...0,008	0,0008	39,5
45	Бензо(g, h, i)перилен	<0,0005...0,071	0,0112	79,0
46	Индено(1,2,3-cd)пирен	<0,0005...0,070	0,0099	80,2
47	Гексахлоран (Σ)	<0,010...0,040	0,002	9,9
48	Гексахлорбензол	<0,010...0,069	0,003	7,4
49	ДДТ и его метаболиты (Σ)	<0,010...0,026	0,001	3,7

водах нефтеперерабатывающих, лесохимических и других предприятий. В пробах донных отложений, отобранных в условно чистых районах, частота встречаемости фенола, крезолов и алкилфенолов составляла 41,1 %, 53,6 % и 28,8 % соответственно. Частота встречаемости этих же компонентов в промышленно-урбанизированных районах составляла соответственно 54,3 %, 63 % и 41,1 %.

Карбоновые кислоты и алканы были обнаружены во всех проанализированных пробах донных отложений. При этом содержание кислот с четным количеством атомов углерода (кислот природного происхождения) составляло 14...96 %. В двух отобранных пробах (ниже г. Стерлитамака и ниже г. Уфы) суммарная концентрация нечетных карбоновых кислот превышала суммарную концентрацию четных кислот. В пробе донных отложений, отобранной ниже г. Уфы, содержание кислот с нечетным количеством атомов углерода составляло 86 %, что, вероятнее всего, имело антропогенный характер.

Индекс техногенности ПАУ в створах реки, находившихся в зоне влияния сбросов сточных вод, составлял 0,1...4,2; техногенные ПАУ преобладали в 64 % проанализированных проб донных отложений. Индекс пирогенности ПАУ для разных створов составлял 0,2...0,9; прирожденные ПАУ преобладали в 32 % проб донных осадков. При сопоставлении между собой данных, приведенных в табл. 1 и 2, видно, что на участках реки, расположенных в промышленно-урбанизированных районах, полиарены присутствовали практически во всех проанализированных пробах (частота встречаемости большинства из них составляла 74...100 %). Бенз(а)пирен присутствовал в 84 % отобранных проб (в то время как в условно чистых створах частота его встречаемости составляла 42,9 %).

Из перечня определяемых хлорорганических пестицидов в пробах донных отложений условно чистых районов были обнаружены гексахлоран (в 3,6 % проб) и гексахлорбензол (в 1,8 % проб). В пробах донных отложений урбанизированных территорий были также обнаружены гексахлоран (в 9,9 % проб) и гексахлорбензол (в 7,4 % проб), а также инсектицид ДДТ (в 3,7 % проб).

Выводы

Были обобщены многолетние результаты анализа проб донных отложений р. Белой, отобранных в 30 створах, поделенных на условно

чистые, не подверженные прямому сбросу сточных вод и загрязненному стоку с территорий, и промышленно-урбанизированные, расположенные в зоне влияния городов и промышленных предприятий.

В донных отложениях условно чистых территорий было обнаружено около 30 органических соединений, а в отложениях промышленно-урбанизированных территорий — около 50. При этом уровни установленных концентраций обнаруженных соединений в донных осадках урбанизированных территорий были в 2—30 раз выше, чем в отложениях условно чистых территорий; также в промышленно освоенных районах была выше частота встречаемости обнаруженных соединений.

Широкий перечень обнаруженных соединений в донных осадках, отобранных в створах реки, удаленных от городов и промышленных предприятий, свидетельствует о воздействии повсеместно действующих источников загрязнения.

Список литературы

1. Ровинский Ф. А., Теплицкая Т. А., Алексеева Т. А. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. — Л.: Гидрометеоиздат, 1988. — 224 с.
2. Алибаева Л. Г., Кулагин А. Ю. Содержание и распределение химических элементов в донных отложениях рек Башкирского Зауралья // Вестник Удмуртского университета. — 2013. — № 1 (серия 6). — С. 3—8.
3. Содержание общих и полиароматических углеводородов в донных отложениях Амурского залива (Японское море) // Научные труды Дальневосточного государственного технического рыбохозяйственного университета. — 2016. — № 2. — С. 20—26.
4. Загрязнение Азовского моря полиароматическими углеводородами / Л. Ф. Павленко, Г. В. Скрыпник, А. А. Кленкин, И. Г. Корпакова // Вопросы рыболовства. — 2008. — Т. 9, № 4 (36).
5. Болотин И. М., Милосердов П. Н., Суржа Е. И. Синтетические жирные кислоты и продукты на их основе. М.: Химия, 1970.
6. Степанова Н. Ю., Латыпова В. З., Анохина О. К. Экологическое нормирование содержания загрязняющих веществ в донных отложениях // Проблемы региональной экологии. — 2007. — № 4. — С. 42—49.
7. Кумани М. В., Соловьева Ю. А., Корнилов А. Г. Особенности фенольного загрязнения рек Курской и Белгородской областей // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. — 2011. — № 15. — С. 193—198.
8. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы / Под ред. Т. В. Гусевой. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. — 192 с.



E. V. Fatyanova, Head of Department, **R. M. Khatmullina**, Deputy Director,
E. B. Galaktionova, Head of Department, **G. R. Yapparova**, Engineer,
V. I. Safarova, Professor, Director, e-mail: guugak@mail.ru, State Budget Institution
of Bashkortostan Republic State Analytical Control Department, Ufa

Organic Compounds in the Belaya River Bottom Sediments

The composition of organic compounds of the Belaya river bottom sediments in industrialized urban areas and in conditionally clean areas was studied. It has been established that the main source of organic compounds is the ubiquitous sources of pollution.

Keywords: bottom sediments, volatile organic compounds, low volatile organic compounds, polycyclic aromatic hydrocarbons, waste water, industrialized urban areas

References

1. **Rovinskij F. A., Teplickaja T. A., Alekseva T. A.** Fonovyy monitoring policiklicheskih aromaticeskikh uglevodorodov. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1988. 224 p.
2. **Alibaeva L. G., Kulagin A. Ju.** Soderzhanie i raspredelenie himicheskikh jelementov v donnyh otlozhenijah rek Bashkirskogo Zaural'ja. *Vestnik Udmurtskogo universiteta*. 2013. No. 1 (Vol. 6). P. 3–8.
3. **Soderzhanie** obshhih i poliaromaticeskikh uglevodorodov v donnyh otlozhenijah Amurskogo zaliva (Japonskoe more). *Nauchnye trudy Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo tehnikeskogo rybohozjajstvennogo universiteta*. 2016. No. 2. P. 20–26.
4. **Zagrjaznenie** Azovskogo morja poliaromaticeskimi uglevodorodami. L. F. Pavlenko, G. V. Skrypnik, A. A. Klenkin, I. G. Korpakova. *Voprosy rybolovstva*. 2008. Vol. 9, No. 4 (36).
5. **Bolotin I. M., Miloserdov P. N., Surzha E. I.** Sinteticheskie zhirnye kisloty i produkty na ih osnove. Moscow: Himija, 1970.
6. **Stepanova N. Ju., Latypova V. Z., Anohina O. K.** Jekologicheskoe normirovanie soderzhaniya zagraznjajushhih veshhestv v donnyh otlozhenijah. *Problemy regional'noj jekologii*. 2007. No. 4. P. 42–49.
7. **Kumani, M. V., Solov'eva Ju. A., Kornilov A. G.** Osobennosti fenol'nogo zagraznenija rek Kurskoj i Belgorodskoj oblasti. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Estestvennye nauki*. 2011. No. 15. P. 193–198.
8. **Gidrohimicheskie** pokazateli sostojanija okruzhajushhej sredy: spravochnye materialy. Pod red. T. V. Gusevoj. Moscow: FORUM: INFRA-M, 2007. 192 p.

Поздравляем юбиляра!

Признанного специалиста издательского дела, директора Издательства
"Новые технологии", члена редакционного совета, создателя журнала
"Безопасность жизнедеятельности"

Бориса Игоревича Антонова

Поздравляем с юбилеем!

Желаем новых творческих успехов на Вашем славном жизненном пути и
крепкого здоровья на долгие годы!

Редакционный совет, редакционная коллегия и редакция журнала
"Безопасность жизнедеятельности"

УДК 614.84

Н. Н. Красногорская, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой,
Ю. Н. Эйдемиллер, канд. техн. наук, доц., e-mail: eidem73@mail.ru,
Е. А. Козбанова, студентка, Уфимский государственный авиационный
технический университет

Оценка риска функционирования объектов с массовым пребыванием людей во внештатной ситуации

Рассмотрены данные анализа наиболее распространенных случаев нарушения требований пожарной безопасности, создающие угрозу жизни или здоровью людей при пожаре на объектах с массовым пребыванием людей. С учетом требований нормативно-правовых документов рассмотрены правила оценки соответствия объектов требованиям пожарной безопасности и порядок проведения независимой оценки пожарного риска. Выявлены основные причины высокой потенциальной пожарной опасности объектов культурно-массового назначения с массовым пребыванием людей. На основе смоделированных сценариев развития возможной внештатной (чрезвычайной) ситуации проведен анализ пожарной опасности на примере торгово-сервисного комплекса г. Уфы, расположенного в четырехэтажном здании со смежным размещением магазинов продовольственных товаров, бытовой химии, текстиля, а также складских помещений хранения спиртосодержащей продукции. С учетом построенных деревьев отказов рассчитаны вероятности возникновения пожара и дана оценка индивидуального и социального риска.

Ключевые слова: объект с массовым пребыванием людей, пожарный риск, дерево событий, индивидуальный риск, социальный риск, пожарная безопасность

Введение

В настоящее время повсеместно наблюдается стремительное увеличение числа торгово-сервисных и торгово-развлекательных комплексов. К сожалению, зачастую подобные комплексы оказываются не только местом приятного времяпрепровождения, но и источником потенциальной опасности. Печальная статистика последних двух лет показывает, что в России каждый день возникает более 550 пожаров. От огня ежедневно погибает приблизительно 38 человек. Больше всего от пожаров страдает жилой сектор, но места массового скопления людей собирают наибольшее число жертв.

После крупных пожаров в клубе "Хромая лошадь" (г. Пермь, декабрь 2009 г.), в торговом центре "Европа" (г. Уфа, март 2011 г.), ТРК "Семья" (г. Пермь, декабрь 2015 г.), комплексе "Абу-Даби Плаза" (г. Астана, февраль 2016 г.) комиссиями в составе сотрудников прокуратуры, полиции, МЧС России, Ростехнадзора было проведено обследование торговых центров, клубов, кафе, ресторанов, школ и детских садов. Результаты проверок оказались неудовлетворительными. Более чем в 870 объектах с массовым пребыванием

людей обнаружены грубые нарушения в области пожарной безопасности, 217 из них подлежат закрытию [1]. Типичные нарушения, выявленные в ходе проверок, — это: захламление эвакуационных выходов, либо их отсутствие; отделка стен и потолка легковоспламеняющимися материалами; отсутствие пожарной сигнализации и огнетушителей.

Согласно ст. 144 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности [2] и постановлению Правительства России о правилах оценки соответствия объектов установленным требованиям пожарной безопасности путем независимой оценки пожарного риска [3] определен порядок независимой оценки пожарного риска. Согласно этому порядку отдел надзорной деятельности управления надзорной деятельности Главного управления (ОНД УНД ГУ) МЧС России не имеет право проверять объекты в течение первых 3 лет после открытия или смены владельца. Далее проверки проводятся не чаще 1 раза в три года, а внеплановая проверка может быть проведена только с разрешения прокуратуры. Кроме того, с 2006 г. ОНД УНД ГУ МЧС России не участвует в приемке новых объектов, что приводит к введению в эксплуатацию зданий с нарушениями пожарной безопасности уже на начальном этапе.



В дальнейшем независимая оценка пожарного риска проводится только на основании договора, заключаемого между собственником или иным законным владельцем объекта защиты и экспертной организацией, осуществляющей деятельность в области оценки пожарного риска и аккредитованной в МЧС России. К сожалению, индивидуальные предприниматели пока не спешат применять пожарный аудит для оценки ответственности своих объектов установленным требованиям пожарной безопасности.

Одна из причин такого положения заключается в том, что до недавнего времени предусмотренные Кодексом об административных правонарушениях штрафы на юридических и должностных лиц за выявленные нарушения требований пожарной безопасности и за невыполнение предписаний органов пожарного надзора (надзорной деятельности) были несоизмеримо малы (максимум до 20 тысяч рублей на юридическое лицо) по сравнению с теми затратами, которые необходимо было сделать собственнику имущества для решения актуальных вопросов обеспечения пожарной безопасности объекта, например, оборудование помещений системами противопожарной автоматики, оповещением людей о пожаре, противодымной защиты и т. д. Зачастую легче оплатить наложенный штраф, чем привести объект в надлежащее противопожарное состояние и тем самым обеспечить безопасность находящихся там людей.

С целью предупреждения возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) на объектах культурно-массового развлечения с массовым пребыванием людей, определения потенциальной опасности необходимо проводить оценку пожарного риска, процедура которой в статье продемонстрирована на примере торгово-сервисного комплекса "К" (далее — ТСК "К") г. Уфа.

Характеристика торгово-сервисного комплекса "К"

Торгово-сервисный комплекс "К" представляет собой торговый комплекс, включающий сеть торговых, административных и складских помещений, размещенных в четырехэтажном здании.

На площади второго этажа расположены продуктовый супермаркет, обувной магазин, магазин продажи газового оборудования, ряд небольших торговых помещений, осуществляющих продажу одежды и хозяйственных принадлежностей и др. На части цокольного этажа расположены магазин детских товаров, продуктовые ряды, значительное количество небольших помещений торговли различными продовольственными товарами, бытовой химией, складские помещения, в том числе

склад спиртных напитков и склад текстильной продукции, разделенные гипсокартонной перегородкой.

Смежное размещение указанных торговых и складских помещений свидетельствует о достаточном количестве пожарной нагрузки, располагаемой на общей площади торгового комплекса, что в случае возгорания может стать причиной развития интенсивного пожара, распространяющегося на соседние помещения.

Наружные стены здания ТСК "К" выполнены из одинарного кирпича с облицовками блоками "Бессер", в качестве утеплителя использованы плиты толщиной 80 мм из минеральной ваты. Внутренние стены и некоторые вентиляционные шахты выполнены из красного одинарного керамического кирпича, перекрытия железобетонные. Внутренние перегородки выполнены из поливинилхлоридных профилей. Помещения складов на цокольном этаже разграничиваются гипсокартонном. В здании имеется один пассажирский и три грузовых лифта, в связи с чем особое внимание необходимо уделять лестницам и лифтовым шахтам, так как во время пожара именно по ним быстро распространяются дым и пламя.

Согласно документации, имеющейся на объекте, последняя проверка ТСК "К" в области требований федерального законодательства о пожарной безопасности была проведена в 2009 г. В ходе проверки был выявлен ряд грубых нарушений. К настоящему моменту многие из них устранены, но ряд нарушений до сих пор не устранен, поэтому в ТСК "К" существует повышенная опасность возникновения пожара. Далее приведен анализ пожарной опасности объекта ТСК "К" и выполнено моделирование аварийной ситуации.

Разработка сценариев развития ЧС

Наиболее распространенными нарушениями требований пожарной безопасности, создающими угрозу жизни или здоровью людей в случае пожара на объектах с массовым пребыванием людей, являются:

— несоблюдение требований противопожарной безопасности и других нормативных документов (применение пиротехники, отсутствие огнетушителей и т. д.);

— неисправность или отсутствие систем противопожарной защиты, в том числе систем автоматической пожарной сигнализации, оповещения людей о пожаре, противодымной защиты и противопожарного водоснабжения;

— превышение нормативного или расчетного количества людей, одновременно пребывающих в помещениях;

— загромождение эвакуационных путей и выходов различными материалами и предметами.

На основании статистических данных и описания реальных событий [4] выполнено моделирование возможных сценариев возникновения и развития ЧС на ТСК "К".

Сценарий С1. Вследствие скачка силы тока в здании ТСК "К" произошло возгорание электропроводки на складе текстильной продукции. Вследствие этого возгорания и последующего разрушения гипсокартонной перегородки пожар на складе текстильной продукции распространился на смежный склад спиртных напитков (склад легковоспламеняющихся жидкостей — ЛВЖ).

Сценарий С2. В результате взрыва газового баллона с ацетиленом при проведении сварочных работ в здании ТСК "К", повлекшего за собой разгерметизацию емкостей со спиртосодержащими напитками и разрушение гипсокартонных перегородок между складами, произошло возгорание ЛВЖ и пожарной нагрузки соседних складов, а именно складов с текстильной продукцией и бытовой химией. Склады располагаются на цокольном этаже комплекса.

Сценарий С3. Из-за неосторожности персонала на складе спиртных напитков (склад ЛВЖ) произошла разгерметизация емкостей со спиртосодержащими жидкостями. В результате нарушения персоналом элементарных правил пожарной безопасности произошло воспламенение ЛВЖ, приведшее к приросту высокой температуры, вызвавшей разрушение перегородок соседних складов и вовлечение в процесс горения всей имеющейся пожарной нагрузки. Метеообстановка на момент ЧС такова, что северо-западный ветер со скоростью 3...5 м/с приведет к распространению продуктов горения в сторону жилых зданий и лесополосы.

Анализ причин возникновения ЧС

Путем построения дерева отказов проведен анализ причин возможных отказов на ТСК "К", приводящих к ЧС. На рис. 1 приведено дерево отказов для сценария С1 — пожара на складе ЛВЖ в ТСК "К", вследствие возгорания электропроводки на складе текстильной продукции.

Определим вероятность возникновения пожара при возгорании электропроводки на складе текстильной продукции в ТСК "К" (табл. 1).

Проведем расчет вероятности возникновения пожара по следующим формулам:

$$P_{\text{или}} = 1 - (1 - P_1)(1 - P_2) \cdot \dots \cdot (1 - P_n); \quad (1)$$

$$P_{\text{и}} = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n. \quad (2)$$

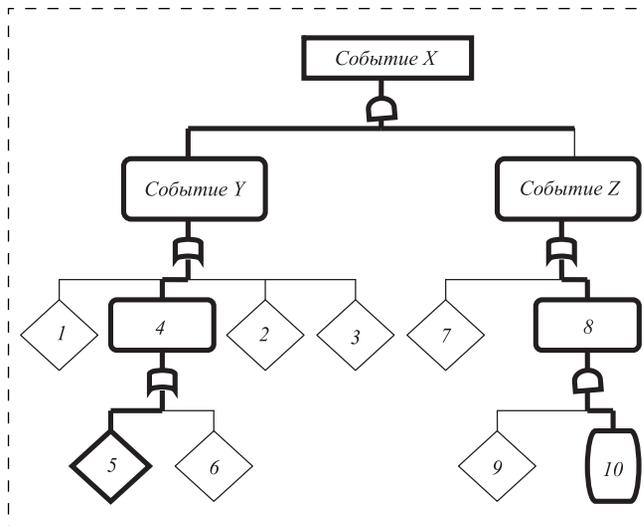


Рис. 1. Дерево отказов для анализа возникновения пожара на складе ЛВЖ в ТСК "К" вследствие возгорания электропроводки на складе текстильной продукции:

Событие X — Пожар; Событие Y — Возгорание; Событие Z — Отсутствие пожаротушения; 1 — Плохая изоляция электропроводов; 2 — Прямой контакт проводов из разнородных материалов; 3 — Износ электропроводки; 4 — Скачок силы тока; 5 — Обрыв провода нулевой фазы; 6 — Обрыв провода на линии; 7 — Отсутствие систем пожаротушения; 8 — Отказ имеющихся систем пожаротушения; 9 — Неисправность систем пожаротушения; 10 — Отсутствие плановых проверок

Таблица 1

Вероятность возникновения события (пожар вследствие возгорания электропроводки)

№	Событие P_i	Вероятность P_i , год ⁻¹
X	Пожар (P_X)	
Y	Возгорание (P_Y)	
Z	Отсутствие пожаротушения (P_Z)	
1	Плохая изоляция электропроводов (P_1)	$1,4 \cdot 10^{-3}$
2	Прямой контакт проводов из разнородных материалов (P_2)	$1,2 \cdot 10^{-5}$
3	Износ электропроводки (P_3)	$1,9 \cdot 10^{-5}$
4	Скачок силы тока (P_4)	
5	Обрыв провода нулевой фазы (P_5)	$2,9 \cdot 10^{-5}$
6	Обрыв провода на линии (P_6)	$1,8 \cdot 10^{-5}$
7	Отсутствие систем пожаротушения (P_7)	$3,3 \cdot 10^{-4}$
8	Отказ имеющихся систем пожаротушения (P_8)	
9	Неисправность систем пожаротушения (P_9)	$2,1 \cdot 10^{-2}$
10	Отсутствие плановых проверок (P_{10})	0,3

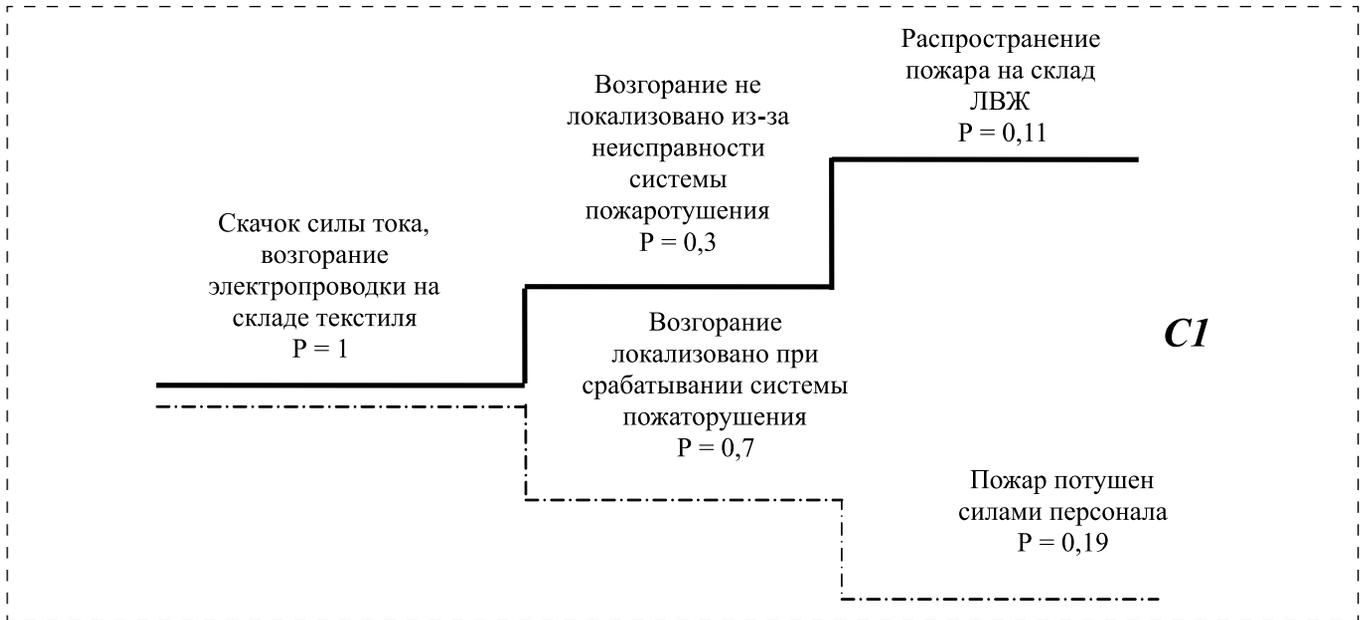


Рис. 2. Дерево событий для сценария C1 — пожар на складе ЛВЖ в ТСК "К" в результате возгорания электропроводки на складе текстильной продукции:
 P — принятая вероятность события; — — принятый наиболее вероятный сценарий; - - - - наименее вероятный сценарий

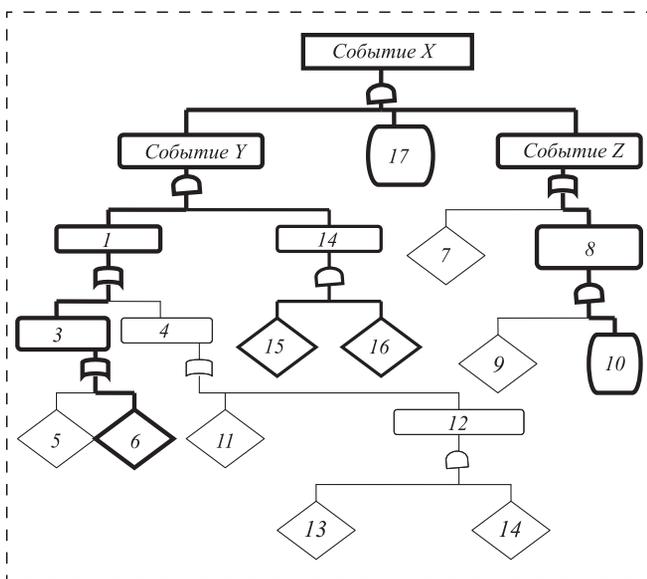


Рис. 3. Дерево отказов для анализа возникновения пожара на складе ЛВЖ ТСК "К" вследствие неосторожности персонала:
 Событие X — Пожар; Событие Y — Возгорание; Событие Z — Отсутствие пожаротушения; 1 — Разрушение емкостей с ЛВЖ и розлив ЛВЖ; 2 — Наличие источника зажигания; 3 — Повреждение емкостей при транспортировке; 4 — Воздействие избыточного давления; 5 — Дорожно-транспортное происшествие; 6 — Неосторожность персонала; 7 — Отсутствие систем пожаротушения; 8 — Отказ имеющихся систем пожаротушения; 9 — Неисправность систем пожаротушения; 10 — Отсутствие плановых проверок; 11 — Террористический акт; 12 — Взрыв на складе; 13 — Разгерметизация баллона с ацетиленом при проведении сварочных работ, образование газовоздушного облака (ГВО); 14 — Наличие источника зажигания; 15 — Брошенный окуроч; 16 — Искра; 17 — Ветер в сторону жилого сектора и лесополосы

Вероятности входящих событий получены статистически и являются заданными величинами. Значения событий 4 и 8, рассчитанные по формулам (1) и (2) составили:

$$P_4 = 1 - (1 - 2,9 \cdot 10^{-5})(1 - 1,8 \cdot 10^{-5}) = 4,7 \cdot 10^{-5};$$

$$P_8 = 2,1 \cdot 10^{-2} \cdot 0,3 = 6,3 \cdot 10^{-3};$$

$$P_z = 1 - (1 - 3,3 \cdot 10^{-4})(1 - 6,3 \cdot 10^{-3}) = 6,6 \cdot 10^{-3};$$

$$P_y = 1 - (1 - 1,2 \cdot 10^{-5})(1 - 1,4 \cdot 10^{-3}) \times (1 - 1,9 \cdot 10^{-5})(1 - 4,7 \cdot 10^{-5}) = 1,4 \cdot 10^{-3};$$

$$P_x = 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot 6,6 \cdot 10^{-3} = 9,24 \cdot 10^{-6}.$$

Таким образом, вероятность возникновения пожара при возгорании электропроводки на складе текстильной продукции в ТСК "К" равна $9,24 \cdot 10^{-6}$. На рис. 2 представлено дерево событий для пожара на складе ЛВЖ в ТСК "К" вследствие возгорания электропроводки по сценарию C1.

Для анализа причин пожара на складе спиртных напитков (склад ЛВЖ), построим дерево отказов для сценария C3. Согласно данному сценарию опасные факторы пожара оказывают негативное воздействие на окружающую среду (рис. 3).

Определим вероятность возникновения пожара на складе ЛВЖ в результате неосторожности персонала в ТСК "К" — сценарий C3 (табл. 2).

Вероятности входящих событий получены статистически и являются заданными величинами. Значение событий 1, 3, 8 и 14, рассчитанные по формулам (1) и (2), составили:

$$P_3 = 1 - (1 - 1,3 \cdot 10^{-5})(1 - 1,4 \cdot 10^{-3}) = 1,4 \cdot 10^{-3};$$

$$P_1 = 1 - (1 - 1,4 \cdot 10^{-3})(1 - 1,2 \cdot 10^{-5}) = 3,7 \cdot 10^{-5};$$

$$P_8 = 2,1 \cdot 10^{-2} \cdot 0,07 = 1,4 \cdot 10^{-3};$$

$$P_{14} = 1 - (1 - 1,2 \cdot 10^{-2})(1 - 1,2 \cdot 10^{-5}) = 1,2 \cdot 10^{-2};$$

$$P_Z = 1 - (1 - 3,3 \cdot 10^{-4})(1 - 1,4 \cdot 10^{-3}) = 1,7 \cdot 10^{-3};$$

$$P_Y = 3,7 \cdot 10^{-5} \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} = 4,4 \cdot 10^{-7};$$

$$P_X = 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot 4,4 \cdot 10^{-7} = 7,5 \cdot 10^{-10}.$$

Таким образом, вероятность пожара в ТСК "К" на складе ЛВЖ в результате неосторожности

Таблица 2

**Вероятность возникновения событий
(пожар с негативным воздействием на окружающую среду)**

№	Событие P_i	Вероятность P_i , год ⁻¹
X	Пожар (P_X)	
У	Возгорание (P_Y)	
Z	Отсутствие пожаротушения (P_Z)	
1	Разрушение емкостей с ЛВЖ и розлив ЛВЖ (P_1)	
2	Наличие источника зажигания (P_2)	
3	Повреждение емкостей при транспортировке (P_3)	
4	Воздействие избыточного давления (P_4)	$1,2 \cdot 10^{-5}$
5	Дорожно-транспортное происшествие (P_5)	$1,3 \cdot 10^{-5}$
6	Неосторожность персонала (P_6)	$1,4 \cdot 10^{-3}$
7	Отсутствие систем пожаротушения (P_7)	$3,3 \cdot 10^{-4}$
8	Отказ имеющихся систем пожаротушения (P_8)	
9	Неисправность систем пожаротушения (P_9)	$2,1 \cdot 10^{-2}$
10	Отсутствие плановых проверок (P_{10})	0,07
11	Террористический акт (P_{11})	$1,6 \cdot 10^{-5}$
12	Взрыв на складе (P_{12})	$1,9 \cdot 10^{-5}$
13	Разгерметизация баллона с ацетиленом при проведении сварочных работ, образование ГВО (P_{13})	$1,8 \cdot 10^{-5}$
14	Наличие источника зажигания (P_{14})	
15	Брошенный окуроч (P_{15})	$1,2 \cdot 10^{-2}$
16	Искра (P_{16})	$1,2 \cdot 10^{-5}$
17	Ветер в сторону жилого сектора и лесополосы (P_{17})	0,14

персонала будет равна $7,5 \cdot 10^{-10}$. На рис. 4 представлено дерево событий для пожара по сценарию СЗ.

Как видно из рисунка, отсутствие системы пожаротушения способствует приросту температуры выше критического значения и приводит к активному развитию пожара.

Для анализа причин ЧС по сценарию С2 определим вероятность возникновения взрыва газового баллона при проведении сварочных работ и последующего пожара на складе спиртных напитков. Взрыв газового баллона при проведении сварочных работ может произойти при одновременном наличии утечки газа с образованием газозооушной смеси (ГВС) взрывоопасной концентрации и наличии источника зажигания. Утечка газа может произойти по одной из причин: нарушение герметичности или внешнее воздействие. Нарушение герметичности может произойти по причине нарушения плотности соединения (физический износ и потеря механической прочности), обрыва подводящего шланга либо из-за нарушения техники эксплуатации газовых баллонов [5, 6].

На рис. 5 приведено дерево отказов с соответствующими вероятностями событий для пожара на складе спиртных напитков в результате взрыва газового баллона при выполнении сварочных работ.

Определим вероятность возникновения пожара на складе спиртных напитков в результате взрыва газового баллона в ТСК "К" (табл. 3).

Используя формулы (1) и (2), рассчитаем вероятность взрыва газового баллона с ацетиленом на складе ЛВЖ с дальнейшим воспламенением. Вероятности входящих событий получены статистически и являются заданными величинами.

$$P_{14} = 1 - (1 - 1,2 \cdot 10^{-2})(1 - 1,2 \cdot 10^{-5}) = 1,2 \cdot 10^{-2};$$

$$P_{12} = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} = 2,2 \cdot 10^{-7};$$

$$P_4 = 1 - (1 - 1,6 \cdot 10^{-5})(1 - 2,2 \cdot 10^{-7}) = 1,6 \cdot 10^{-5};$$

$$P_1 = 1 - (1 - 2,6 \cdot 10^{-5})(1 - 1,6 \cdot 10^{-5}) = 4,2 \cdot 10^{-5};$$

$$P_8 = 2,1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3 = 6,3 \cdot 10^{-4};$$

$$P_Z = 1 - (1 - 3,3 \cdot 10^{-4})(1 - 6,3 \cdot 10^{-4}) = 9,6 \cdot 10^{-4};$$

$$P_Y = 1 - (1 - 4,2 \cdot 10^{-5})(1 - 1,4 \cdot 10^{-3}) = 1,4 \cdot 10^{-3};$$

$$P_X = 9,6 \cdot 10^{-4} \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} = 1,34 \cdot 10^{-8}.$$

Таким образом, вероятность возникновения взрыва баллона с газом при проведении сварочных работ и последующим воспламенением ЛВЖ на складе спиртных напитков ТСК "К" оценивается как $1,34 \cdot 10^{-8}$. На рис. 6 представлено дерево событий рассматриваемого сценария.

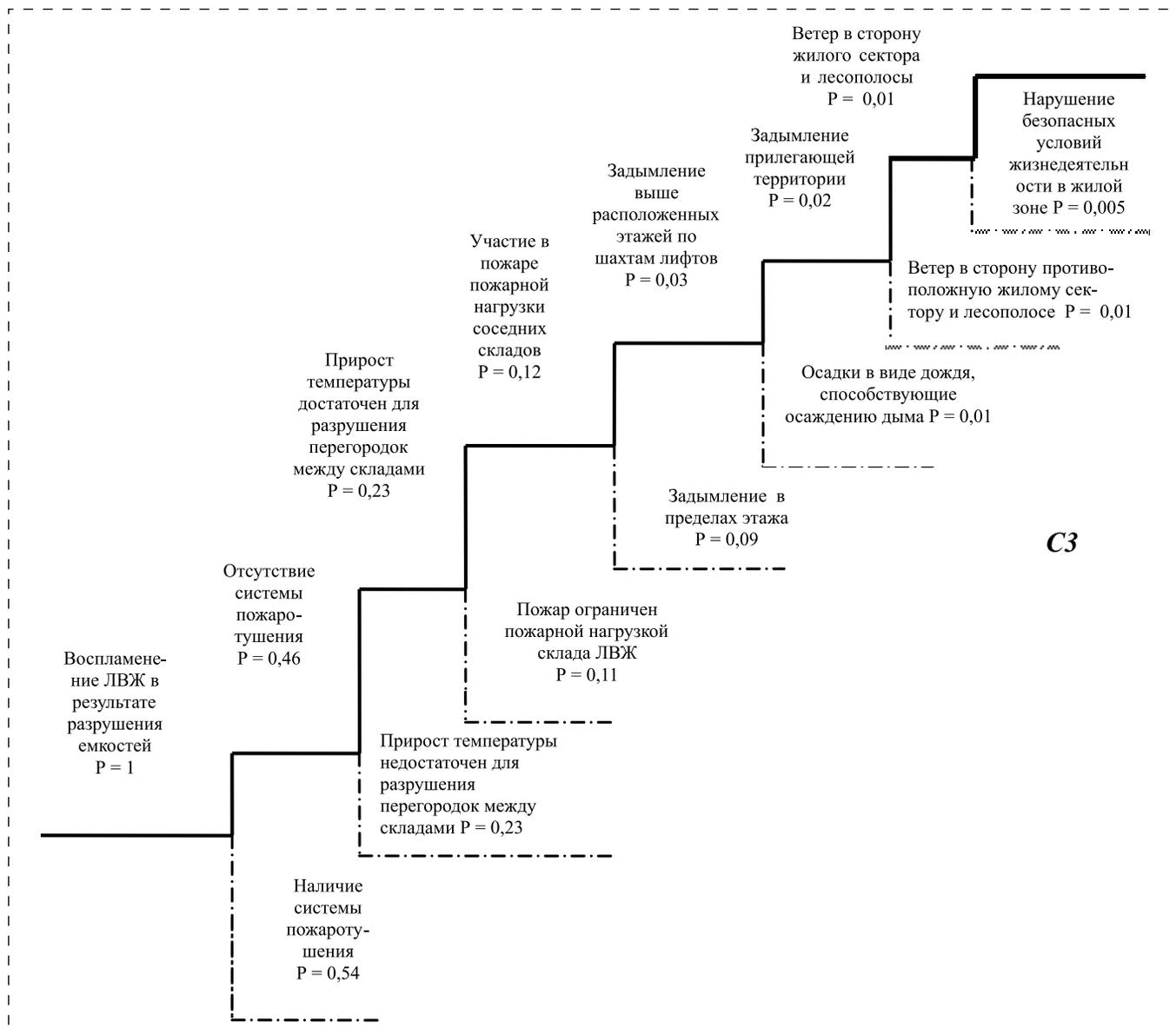


Рис. 4. Дерево событий для сценария С3 — пожар на складе спиртных напитков вследствие неосторожности персонала ТСК "К" с наиболее негативным воздействием на окружающую среду:

P — принятая вероятность события; — — — — сценарий, в результате которого нарушаются безопасные условия жизнедеятельности в санитарной зоне; - · - · - · — альтернативный сценарий

В ходе анализа пожаров на складе хранения спиртных напитков в ТСК "К" рассмотрены три возможных варианта развития пожара. Наиболее опасным сценарием является пожар на складе спиртных напитков в результате взрыва газового баллона при проведении сварочных работ (С2).

Для оценки степени риска разработанных сценариев и определения числа пострадавших произведен расчет индивидуального и социального риска.

Оценка риска ЧС в ТСК "К"

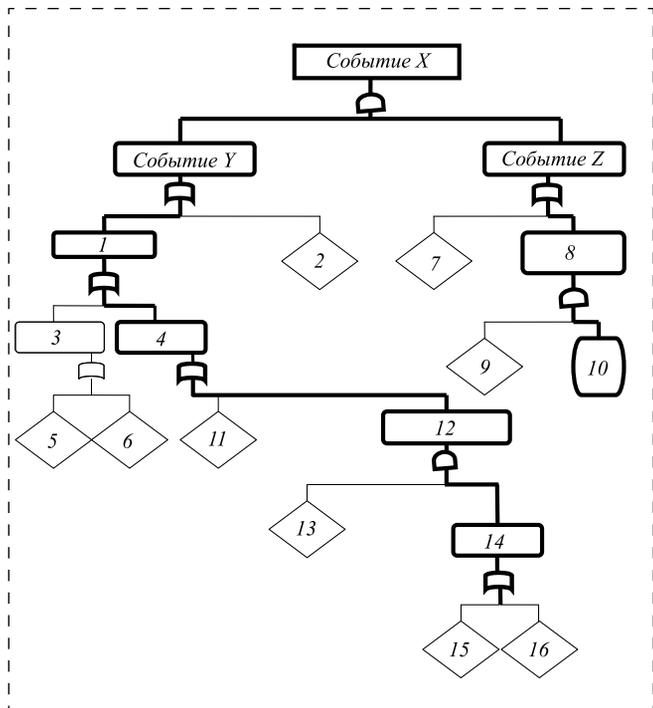
Для определения количества пострадавших, находящихся на момент ЧС в здании ТСК "К", на основании статистики о посещаемости торгово-сервисных комплексов [4] примем, что количество посетителей и персонала комплекса, находящихся на этажах в момент развития ЧС, составило:

Подземный гараж — 3 человека (2 посетителя и 1 из персонала);

Цокольный этаж — 72 человека (51 посетитель и 21 из персонала);

Вероятность возникновения событий (пожар на складе ЛВЖ в результате взрыва газового баллона в ТСК "К")

№	Событие P_i	Вероятность, P_i , год ⁻¹
X	Пожар (P_X)	
У	Возгорание (P_Y)	
Z	Отсутствие пожаротушения (P_Z)	
1	Разрушение емкостей с ЛВЖ с последующим их воспламенением (P_1)	
2	Возгорание электропроводки (P_2)	$1,4 \cdot 10^{-3}$
3	Повреждение емкостей при транспортировке (P_3)	$2,6 \cdot 10^{-5}$
4	Воздействие избыточного давления (P_4)	
5	Дорожно-транспортное происшествие (P_5)	$1,3 \cdot 10^{-5}$
6	Неосторожность персонала (P_6)	$1,4 \cdot 10^{-3}$
7	Отсутствие систем пожаротушения (P_7)	$3,3 \cdot 10^{-4}$
8	Отказ имеющихся систем пожаротушения (P_8)	
9	Неисправность систем пожаротушения (P_9)	$2,1 \cdot 10^{-3}$
10	Отсутствие плановых проверок (P_{10})	0,3
11	Террористический акт (P_{11})	$1,6 \cdot 10^{-5}$
12	Взрыв на складе (P_{12})	
13	Разгерметизация баллона с ацетиленом при проведении сварочных работ, образование ГВС (P_{13})	$1,8 \cdot 10^{-5}$
14	Наличие источника зажигания (P_{14})	
15	Брошенный окурок (P_{15})	$1,2 \cdot 10^{-2}$
16	Искра (P_{16})	$1,2 \cdot 10^{-5}$


Рис. 5. Дерево отказов для анализа возникновения пожара на складе ЛВЖ вследствие взрыва газового баллона при проведении сварочных работ в здании ТСК "К":

Событие X — Пожар; Событие Y — Возгорание; Событие Z — Отсутствие пожаротушения; 1 — Разрушение емкостей с ЛВЖ с последующим их воспламенением; 2 — Возгорание электропроводки; 3 — Повреждение емкостей при транспортировке; 4 — Воздействие избыточного давления; 5 — Дорожно-транспортное происшествие; 6 — Неосторожность персонала; 7 — Отсутствие систем пожаротушения; 8 — Отказ имеющихся систем пожаротушения; 9 — Неисправность систем пожаротушения; 10 — Отсутствие плановых проверок; 11 — Террористический акт; 12 — Взрыв на складе; 13 — Разгерметизация баллона с ацетиленом при проведении сварочных работ, образование ГВС; 14 — Наличие источника зажигания; 15 — Брошенный окурок; 16 — Искра

1-й этаж — 108 человек (85 посетителей и 23 из персонала);

2-й этаж — 97 человек (76 посетителей и 21 из персонала).

Приняв, что вероятность предотвращения воздействия опасных факторов (ОФ) на людей существует во всех трех сценариях, спрогнозируем численность потерь.

Ниже приведены расчет прогнозируемой численности и структура вероятных санитарных потерь среди людей для сценария С1: пожар на складе спиртных напитков на цокольном этаже в результате короткого замыкания и возгорания электропроводки на складе текстильной продукции (принимаем, что люди с подземного гаража, 1 и 2-го этажей успешно эвакуировались, с цокольного этажа эвакуировались не полностью и в зоне воздействия ОФ оказалось $N_{\text{общ}} = 5$ человек).

Число людей, не получивших ранения:

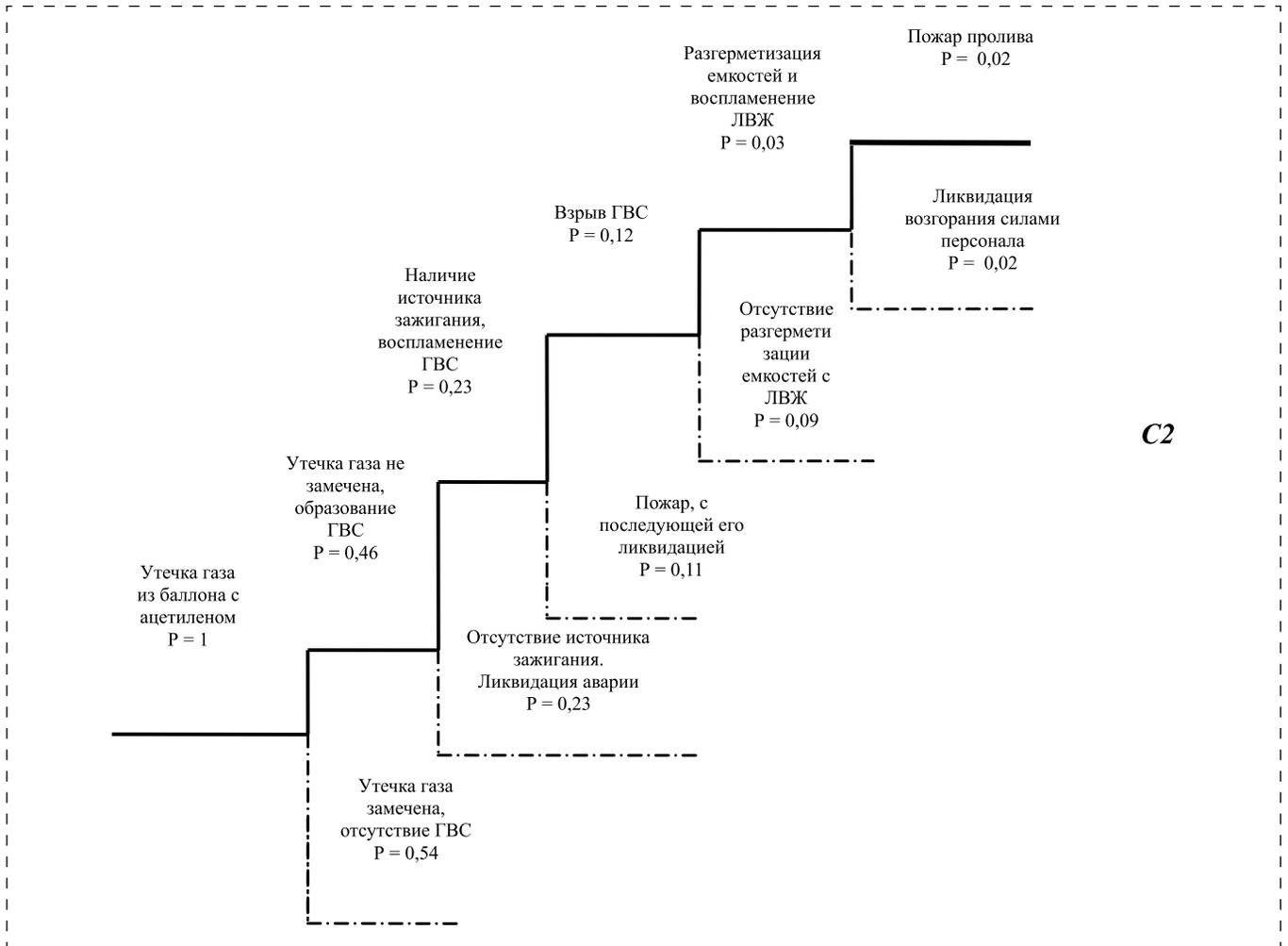
$$N_{\text{не пораж}} = (N_{\text{общ}} \cdot 37 \%) / 100 \% = 5 \cdot 0,37 = 2 \text{ человека.}$$

Число людей, получивших поражение легкой степени:

$$N_{\text{лег ст}} = (N_{\text{общ}} \cdot 15 \%) / 100 \% = 5 \cdot 0,15 = 1 \text{ человек;}$$

средней степени:

$$N_{\text{сред ст}} = (N_{\text{общ}} \cdot 13 \%) / 100 \% = 5 \cdot 0,13 = 1 \text{ человек;}$$



C2

Рис. 6. Дерево событий для сценария C2 — пожара на складе спиртных напитков, вызванного взрывом газового баллона с газом при проведении сварочных работ и последующим воспламенением ЛВЖ на складе ТСК "К":
 P — принятая вероятность события; — — — — сценарий с наибольшими негативными последствиями; — — — — альтернативный сценарий

тяжелой степени:

$$N_{\text{тяж ст}} = (N_{\text{общ}} \cdot 13\%) / 100\% = 5 \cdot 0,13 = 1 \text{ человек.}$$

Безвозвратные потери:

$$N_{\text{безвоз}} = (N_{\text{общ}} \cdot 22\%) / 100\% = 0 \text{ человек.}$$

Ниже приведен расчет прогнозируемой численности и структура вероятных санитарных потерь среди людей для сценария C2: в результате взрыва газового баллона с ацетиленом при проведении сварочных работ, повлекшего за собой разгерметизацию емкостей со спиртосодержащими напитками и последующим их возгоранием и возгоранием пожарной нагрузки соседних складов на цокольном этаже (принимается, что люди с подземного гаража, успешно эвакуировались, с

1, 2-го и цокольного этажа эвакуировались не полностью и в зоне воздействия ОФ оказалось $N_{\text{общ}} = 58$ человек).

Число людей, не получивших ранения:

$$N_{\text{не пораж}} = (N_{\text{общ}} \cdot 37\%) / 100\% = 58 \cdot 0,37 = 22 \text{ человека.}$$

Число людей, получивших поражение легкой степени:

$$N_{\text{лег ст}} = (N_{\text{общ}} \cdot 15\%) / 100\% = 58 \cdot 0,15 = 9 \text{ человек;}$$

средней степени:

$$N_{\text{сред ст}} = (N_{\text{общ}} \cdot 13\%) / 100\% = 58 \cdot 0,13 = 7 \text{ человек;}$$

тяжелой степени:

$$N_{\text{тяж ст}} = (N_{\text{общ}} \cdot 13 \%) / 100 \% = 58 \cdot 0,13 = 7 \text{ человек.}$$

Безвозвратные потери:

$$N_{\text{безвоз}} = (N_{\text{общ}} \cdot 22 \%) / 100 \% = 58 \cdot 0,22 = 13 \text{ человек.}$$

Ниже приведен расчет прогнозируемой численности и структура вероятных санитарных потерь среди людей для сценария **С3**: на складе спиртных напитков произошла разгерметизация емкостей со спиртосодержащими жидкостями и последующим воспламенением ЛВЖ на цокольном этаже комплекса (принимая, что люди с подземного гаража успешно эвакуировались, с 1, 2-го и цокольного этажа эвакуировались не полностью и в зоне воздействия ОФ оказалось $N_{\text{общ}} = 28$ человек):

Число людей, не получивших ранения:

$$N_{\text{не пораж}} = (N_{\text{общ}} \cdot 37 \%) / 100 \% = 28 \cdot 0,37 = 11 \text{ человек.}$$

Число людей, получивших поражение легкой степени:

$$N_{\text{лег ст}} = (N_{\text{общ}} \cdot 15 \%) / 100 \% = 28 \cdot 0,15 = 5 \text{ человек;}$$

средней степени:

$$N_{\text{сред ст}} = (N_{\text{общ}} \cdot 13 \%) / 100 \% = 28 \cdot 0,13 = 3 \text{ человека;}$$

тяжелой степени:

$$N_{\text{тяж ст}} = (N_{\text{общ}} \cdot 13 \%) / 100 \% = 28 \cdot 0,13 = 3 \text{ человека.}$$

Безвозвратные потери:

$$N_{\text{безвоз}} = (N_{\text{общ}} \cdot 22 \%) / 100 \% = 28 \cdot 0,22 = 6 \text{ человек.}$$

Далее для определения величин индивидуального и социального риска в соответствии с Методическими рекомендациями [7] вычислим вероятность предотвращения воздействия ОФ пожара на людей в здании по следующей формуле:

$$P_{\text{в}} = 1 - Q_{\text{в}}, \quad (3)$$

где $Q_{\text{в}}$ — расчетная вероятность воздействия ОФ на отдельного человека в год.

Вероятность воздействия ОФ пожара на людей в здании вычисляли по формуле:

$$Q_{\text{в}} = Q_{\text{п}} P_{\text{пр}} (1 - P_{\text{э}}) (1 - P_{\text{п.з}}), \quad (4)$$

где $Q_{\text{п}}$ — вероятность развития пожара в здании; $P_{\text{пр}}$ — вероятность присутствия людей в здании при работе в две смены ($P_{\text{пр}} = 0,67$); $P_{\text{э}}$ — вероятность благополучной эвакуации всех людей ($P_{\text{э}} = 0,99$); $P_{\text{п.з}}$ — вероятность эффективной работы технических решений противопожарной защиты равна 0, так как в помещениях ТСК "К" не предусмотрены специальные средства автоматического пожаротушения.

Полученные значения вероятностей воздействия ОФ на людей при рассмотренных сценариях сведены в табл. 4 и 5.

Вероятность эвакуации вычисляют по формуле:

$$P_{\text{э}} = 1 - (1 - P_{\text{э.п}})(1 - P_{\text{д.в}}), \quad (5)$$

где $P_{\text{э.п}}$ — вероятность эвакуации по эвакуационным путям ($P_{\text{э.п}} = 0,99$); $P_{\text{д.в}}$ — вероятность эвакуации по наружным эвакуационным лестницам, переходам в смежные секции здания ($P_{\text{д.в}} = 0,03$).

Результаты расчета по формуле (5) приведены в табл. 6.

Вероятность эвакуации по эвакуационным путям определяют следующим образом:

$$P_{\text{э.п}} = \begin{cases} 0,999, & \text{если } t_{\text{р}} \leq t_{\text{н.б}}; \\ 0, & \text{если } t_{\text{р}} \geq t_{\text{н.б}}, \end{cases} \quad (6)$$

где $t_{\text{р}}$ — расчетное время эвакуации людей ($t_{\text{р}} = 2,14$ мин); $t_{\text{н.б}}$ — необходимое время эвакуации людей ($t_{\text{н.б}} = 1,17$ мин).

Таблица 4

Вероятность предотвращения воздействия ОФ пожара на людей в здании

Сценарий	Вероятность предотвращения воздействия ОФ пожара $P_{\text{в}}$
С1	0,947
С3	0,987

Таблица 5

Расчетная вероятность воздействия ОФ пожара на людей в здании

Сценарий	Расчетная вероятность воздействия ОФ пожара $Q_{\text{в}}$
С1	$5,3 \cdot 10^{-2}$
С3	$1,3 \cdot 10^{-2}$

Таблица 6

Вероятность эвакуации людей

Сценарий	Вероятность эвакуации всех людей $P_{\text{э}}$
С1	0,9
С3	0,9



Индивидуальный риск для человека внутри помещения определяется по формуле:

$$R_B = \sum_{i=1}^n Q_{Bi} \cdot Q_{Впi}, \quad (7)$$

где Q_{Bi} — вероятность возникновения данной ЧС; $Q_{Впi}$ — условная вероятность того, что действие на человека ОФ не было предотвращено:

$$Q_{Впi} = 1 - P_B. \quad (8)$$

Результаты расчета по формуле (7) приведены в табл. 7.

Согласно полученным данным величина индивидуального риска при возникновении ЧС по сценариям С1 и С3 превышает значение 10^{-6} по ГОСТ Р 12.3.047—98 [8], поэтому существует необходимость внедрения новых технических решений, обеспечивающих снижение величины риска.

Социальный риск оценивается как вероятность гибели в результате пожара 10 человек и более в течение года [1]. Определяем вероятность гибели 10 человек и более в результате пожара:

$$Q_{10} = \begin{cases} 0, & \text{если } t_p \leq \tau_{бл}; \\ 0, & \text{если } t_p \geq \tau_{бл} \text{ и } M < 10; \\ \frac{M-9}{M}, & \text{если } t_p \geq \tau_{бл} \text{ и } M \geq 10. \end{cases} \quad (9)$$

где $M = N \frac{\tau_{бл}}{t_p}$; N — количество работающих в по-

мещении (здании); $\tau_{бл}$ — время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей вследствие распространения на них ОФ пожара, имеющих предельно допустимые для людей значения, мин.

Выполним оценку социального риска для сценариев С1 и С3. Поскольку $t_p < \tau_{бл}$, принимаем $Q_{10} = 0$, следовательно, вероятность гибели в результате пожара 10 человек и более в рассматриваемых сценариях равна 0.

Для сценария С2 определены значения поражающих факторов, в частности, избыточное давление взрыва, равное $\Delta p = 29$ кПа.

Индивидуальный риск, год^{-1} , определяем по формуле:

$$R_B = \sum_{i=1}^n Q_{Pi} Q(A_i), \quad (10)$$

где Q_{Pi} — условная вероятность поражения человека при реализации i -й ветви логической схемы

Таблица 7

Значение индивидуального риска

Сценарий	Индивидуальный риск R_B , год^{-1}
С1	$2,7 \cdot 10^{-5}$
С3	$1,2 \cdot 10^{-5}$

(примем $Q_{Pi} = 0,04$); $Q(A_i)$ — вероятность реализации в течение года i -й ветви логической схемы, год^{-1} (примем $Q(A_i) = 8,0 \cdot 10^{-6} \text{год}^{-1}$);

$$R_B = 0,04 \cdot 8,0 \cdot 10^{-6} = 3,2 \cdot 10^{-7} \text{год}^{-1}.$$

Таким образом, индивидуальный риск для сценария С2 является, безусловно, приемлемым, так как $3,2 \cdot 10^{-7} < 10^{-6} \text{год}^{-1}$.

Социальный риск для сценария С2 принимается равным:

$$R_{соц} = 0,2 \cdot 10^{-6} \text{год}^{-1}.$$

То есть социальный риск для сценария С2 является неприемлемым, так как $0,2 \cdot 10^{-6} > 10^{-7} \text{год}^{-1}$, что обуславливает необходимость обеспечения дополнительных мер по обеспечению пожаро-взрывобезопасности [4].

Выводы

Анализ пожаровзрывоопасности объектов с массовым пребыванием людей на примере ТСК "К" показал следующее.

Во-первых, одновременное размещение на общей площади значительного количества торговых и складских помещений, с одной стороны, и несоблюдение требований пожарной безопасности в части отсутствия автоматической системы пожарной сигнализации, необеспечения требуемой огнестойкости строительных конструкций, загроможденности аварийных и эвакуационных выходов — с другой, может стать причиной ЧС.

Во-вторых, возможными сценариями развития ЧС являются пожар и взрыв. Наиболее опасным является взрыв газового баллона при проведении сварочных работ на складе хранения спиртных напитков, вероятность данного события составила $1,34 \cdot 10^{-8}$. Наиболее вероятным является пожар в результате короткого замыкания на складе текстильной продукции с переходом на склад хранения спиртных напитков, риск его возникновения $9,24 \cdot 10^{-6}$.

В-третьих, проведенная оценка индивидуального и социального рисков для трех сценариев ЧС выявила, что некоторые допустимые пределы уровней рисков превышены, что требует внедрения технических решений на объекте, повышающих его устойчивость с точки зрения пожаро-взрывобезопасности.

Список литературы

1. МЧС России. URL: <http://www.mchs.gov.ru/> (дата обращения 15.06.2017).
2. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.

3. **Постановление** Правительства РФ № 304 от 7 апреля 2009 г. "Об утверждении Правил оценки соответствия объектов защиты (продукции) установленным требованиям пожарной безопасности путем независимой оценки пожарного риска".
4. **Ростехнадзор**. URL: <http://www.gosnadzor.ru/> (дата обращения 15.06.2017).
5. **Верзилин М. М., Савельев Л. Н., Шебеко Ю. Н.** Тактика действий подразделений пожарной охраны в условиях возможного взрыва газовых баллонов в очаге пожара. Рекомендации. 2000 г. ФГУ ВНИИПО МВД России.
6. **Корольченко А. Я.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник. — М.: Асс. "Пожнаука", 2004. Ч. 2. — 774 с.
7. **Быков А. А.** Методические рекомендации по оценке социально-экономического ущерба от нарушения здоровья населения, обусловленного загрязнением атмосферного воздуха // Управление рисками. — 1999. — № 3.
8. **ГОСТ Р 12.3.047-98** Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.

N. N. Krasnogorskaya, Head of Chair, Professor, **Yu. N. Eidemiller**, Associate Professor, e-mail: eidem73@mail.ru, **E. A. Kozbanova**, Student, Ufa State Aviation Technical University

Assessment of the Risk of the Functioning of Objects with Massive Stay of People in a Emergency Situation

Analyzed the most common violations of fire safety regulations, endangering the life or health of people in a fire at the massive presence of people objects. Subject to the requirements of normative-legal documents considered objects of conformity assessment rules of fire safety requirements and the procedure for an independent evaluation of the fire risk. The basic causes of high potential fire danger of cultural and mass assignment with the massive presence of people. On the basis of the simulated scenarios of possible emergency situation, the analysis of fire danger of trade and service complex, located in the four-storey building, with an adjacent placement of food stores, household chemicals, textiles, as well as storage space storing alcohol products. Given the built fault trees calculated the probability of a fire and an assessment of the individual and social risk

Keywords: object with the mass stay of people, fire risk, tree of events, individual risk, social risk, fire safety

References

1. **Emercom of Russia**. <http://www.mchs.gov.ru/> (date of access 15.06.2017).
2. **Federation Law** 22.07.2008. No. 123-FZ. Technical regulation about the requirements of fire safety [in Russian].
3. **Decision of Government** Russian FEDERATION No. 304 from 7.04.2009. About claim of Rules of estimation of accordance of objects of defence (to the products) to the set requirements of fire safety by the independent estimation of fire risk [in Russian].
4. **Rostekhnadzor**. <http://www.gosnadzor.ru/> (date of access 15.06.2017).
5. **Verzilin M. M., Saveliev L. N., Shebeko Y. N.** Tactics of actions of subdivisions of fire prevention in the conditions of possible explosion of gas bottles in the hearth of fire. Recommendations. 2000 [in Russian].
6. **Korolchenko A. Y.** Fire explosion danger of substances and materials and means of their extinguishing. Reference-book. Moscow: Acc. Fire science, 2004. Ch. 2. 774 p. [in Russian].
7. **Bikov A. A.** Methodical recommendations as evaluated by a socio-economic damage from violation of health of the population conditioned by contamination of atmospheric air. *Management riskami*. 1999. No. 3 [in Russian].
8. **GOST R 12.3.047—98** System of standards of safety of labour. Fire safety of technological processes. General requirements. Control methods [in Russian].

УДК 504.054

Э. Э. Риянова, магистрант, **Н. В. Кострюкова**, канд. хим. наук, доц. кафедры, e-mail: kostrukova@list.ru, Уфимский государственный авиационный технический университет

Вторичное использование свекловичного жома — отхода сахарного производства

Предложен способ экстракции пектина из свекловичного жома раствором слабой лимонной кислоты. Для достижения поставленной цели определены характеристики свекловичного жома (общая кислотность, рН, общий сахар, содержание углерода, водорода, азота, летучих веществ, связанного углерода, зольности), проведена экстракция пектина, оптимизированы условия ее проведения для достижения наибольшего выхода пектина, определены физико-химические характеристики полученного свекловичного пектина (степень этерификации, метоксильная составляющая, цветовые параметры, водная активность, идентификация пектина с помощью инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье), а также проведена торрефикация отходов экстракции пектина для получения биотоплива. Разработанный метод отличается экологичностью и малоотходностью, так как в качестве сырья использован отход сахарного производства — свекловичный жом, в качестве экстрагента — слабая и дешевая лимонная кислота. Полученный пектин (выход пектина составил 21...29 %) возможно использовать в качестве гелеобразователя, загустителя, стабилизатора в пищевой промышленности.

Ключевые слова: сахарный завод, свекловичный жом, сахарная свекла, пектин, экстракция, лимонная кислота, этанол, торрефикация, степени этерификации, биотопливо.

Введение

Согласно Рамочной Директиве 2008/98/ЕС (WFD2008) [1] об отходах, переработка отходов, направленная на получение нового полезного продукта, биоэнергии и/или биотоплива может стать интересной альтернативой утилизации таких отходов, что позволит не только уменьшить их воздействие на окружающую среду, но и извлечь экономические и социальные выгоды.

Современный сахарный завод представляет собой крупное промышленное предприятие, перерабатывающее в сутки тысячи тонн корнеплодов сахарной свеклы [2]. Сахарная свекла (Свекла обыкновенная) — это группа распространенных сортов свеклы; техническая культура, корни которой содержат много сахарозы [3].

В соответствии с последними данными Продовольственной и сельскохозяйственной Организации Объединенных Наций [4], наибольшие объемы производства в 2014 г. отмечены во Франции (37 844 567 т), Российской Федерации (33 513 369 т), Германии (29 748 100 т) и США (28 381 270 т) (рис. 1). В Российской Федерации, в частности, в Республике Башкортостан, урожайность сахарной свеклы с каждым годом растет, и вместе с тем

растет количество отхода ее переработки — свекловичного жома (СЖ).

Жом, составляющий основную долю отходов в свеклосахарном производстве, — ценный и хорошо усвояемый корм. В 1 кг свежего жома содержится 0,08 кормовых единиц, 6...8 г переваримого протеина и 1,13 МДж обменной энергии. Влажность свежего жома (на выходе из диффузной установки) составляет 92...94 % [5].

В свежем виде жом используется для нужд животноводства в радиусе 100 км от сахарного завода. Доставка его потребителям на большее расстояние становится экономически невыгодной из-за высокой стоимости затрат на транспортировку. Кроме того, свежий свекловичный жом скармливают сельскохозяйственным животным в течение 1—2 дней после выработки, либо консервируют его в специальных жомовых ямах или в полиэтиленовых "рукавах". Это связано с его быстрой порчей из-за развития гнилостной микрофлоры, начала маслянокислого брожения, плесневения [6].

Свекловичный жом — это отход сахарного производства, который может быть использован в качестве сырья для получения ценного продукта — пектина, в котором на сегодняшний день

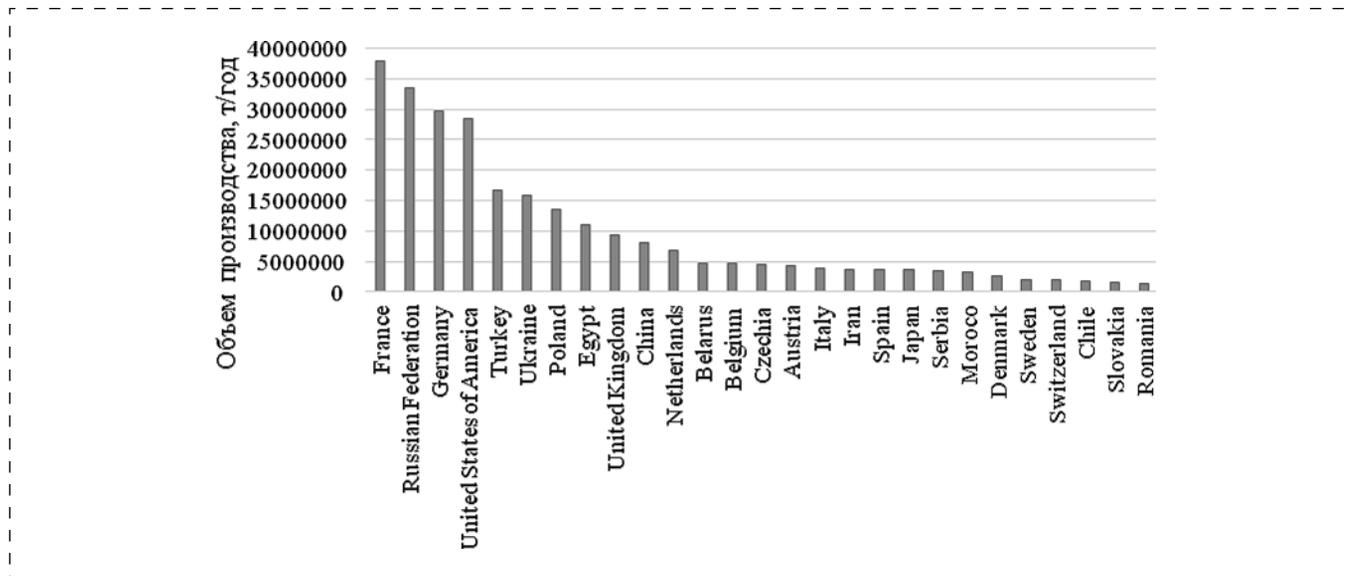


Рис. 1. Мировые объемы производства сахарной свеклы в 2014 г.

в Российской Федерации существует импортная зависимость. Поэтому получение пектина из свекловичного жома является важной и актуальной темой.

Пектин является сложным гетерополимером, составляющим межклеточного вещества клеточной стенки растения. В основном в промышленном масштабе пектины извлекаются из побочных продуктов производства фруктовых соков (яблочные выжимки и кожура цитрусовых). Экстракцию проводят в кислых условиях, чтобы получить высокометоксилированные пектины (степень этерификации *DE* больше 50 %) и низкометоксилированные пектины (*DE* меньше 60 %). Степень этерификации — это соотношение этерифицированных остатков галактуроновых кислот с полными остатками. Этерификация — получение сложного эфира при взаимодействии кислоты и спирта. В пищевой промышленности высокометоксилированные пектины широко используются в качестве гелеобразующих агентов при производстве джемов, мармеладов, желе и кондитерских изделий, тогда как низкометоксилированные пектины часто используются в качестве стабилизаторов в подкисленных молочных напитках, включая кисломолочные продукты и смеси фруктового сока и молока [7].

Материалы и методы исследования

Целью исследовательской работы является комплексная переработка свекловичного жома. Исследования проведены в рамках научной стажировки в Университете г. Салерно (Италия). В работах [7, 8] подробно представлены результаты определения физико-химических свойств

свекловичного жома, а также изложен способ экстракции пектина, позволяющий получить пектин с выходом 21...29 %. На рис. 2 представлена схема разработанного метода получения пектина.

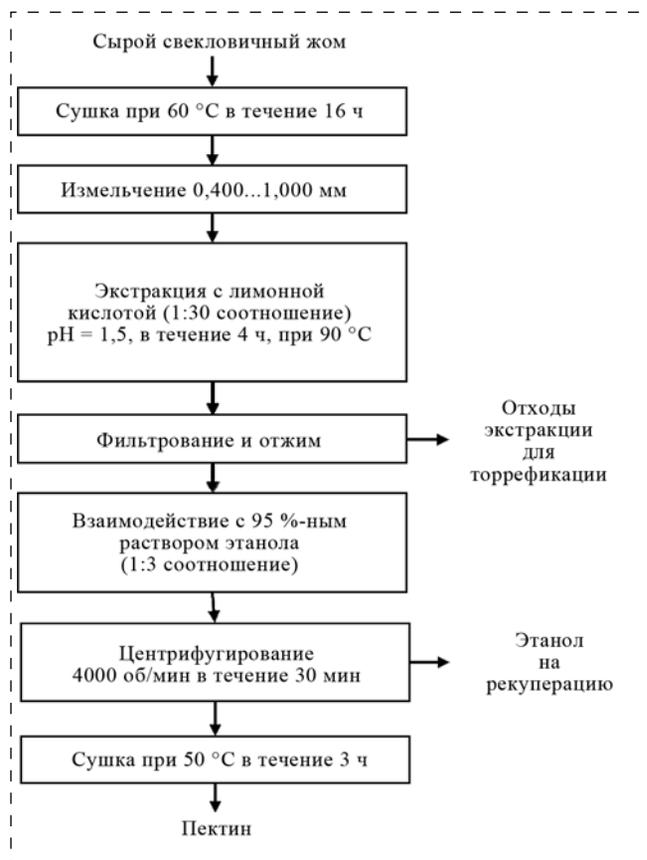


Рис. 2. Схема разработанного способа получения пектина из свекловичного жома



В данной статье изложены результаты определения физико-химических свойств полученного свекловичного пектина, сравнение данных свойств со свойствами цитрусового пектина, а также результаты торрефикации отходов экстракции пектина. Торрефикация — новая термическая переработка биомассы в высокоэнергетическое топливо посредством нагревания в инертной среде до температуры в пределах 200...300 °С.

Проведено определение физико-химических характеристик двух свекловичных пектинов и коммерческого цитрусового пектина для сравнения результатов. Активность воды измерена прибором Testo 650.

Цветовые параметры (уровень света L , краснота или зелень a и желтизна или синева для каждой шкалы b) свекловичного и цитрусового пектина измерены с помощью прибора Хроматра CR-300.

Степень этерификации (DE) и количество метоксильных групп (DM) в пектине определены титриметрическим методом, согласно методике Concha et al. [9]. Высушенный свекловичный пектин после третьей экстракции (50 мг) перенесен в колбу на 250 мл, смочен 2 мл 95 %-ного раствора этанола и растворен в 20 мл бидистиллированной воды. Раствор нагрет в течение 25 мин при 40 °С на электромагнитной мешалке с целью полного растворения пектина в воде. После полного растворения смесь титруется раствором NaOH с нормальностью 0,09322 с добавлением 5 капель фенолфталеинового индикатора, отмечается первый объем титранта (V_1). Раствор NaOH с нормальностью 0,09322 в количестве 30 мл добавлен при перемешивании, раствор оставлен на 30 мин перемешиваться, чтобы деэтерифицировать пектин. Добавлено 31 мл HCl с нормальностью 0,0783 при встряхивании до исчезновения розового цвета. Добавлено три капли фенолфталеина, титрование раствором NaOH до появления слабо-розового цвета, сохраняющегося после встряхивания (конечная точка). Этот объем титрования регистрируется как титр омыления (конечный титр V_2).

Каждый 1 мл гидроксида натрия, использованного в титровании, эквивалентен 3,1 мг метоксила. Степень этерификации (%) пектина рассчитывается следующим образом:

$$DE = \frac{V_2}{V_1 + V_2} 100 \%. \quad (1)$$

Процент содержания метоксильных групп в пектине рассчитывается по следующему уравнению:

$$DM = \frac{V_2 N_{\text{NaOH}} MW_{\text{OCH}_3}}{m_{\text{pectin}}} 100 \%, \quad (2)$$

где N_{NaOH} — нормальность раствора NaOH, $\text{мол} \cdot \text{л}^{-1}$; MW_{OCH_3} — молекулярная масса метоксила (31 г/мол); m_{pectin} — начальная масса пектина, г.

Спектроскопическая характеристика инфракрасной спектроскопией с преобразованием Фурье (FTIR) образцов пектина проведена с использованием спектрометра Thermo Nicolet Nexus. Спектры FTIR были получены с использованием дисков, содержащих около 10 % масс. тонко измельченных образцов. Для каждого образца, от 4000 до 400 см^{-1} , с разрешением 4 см^{-1} было выполнено 32 скана. Фоновый спектр записывался перед каждым спектром.

Схематическое изображение установки с неподвижным слоем, используемой для экспериментов по торрефикации, показано на рис. 3. Реактор для торрефикации состоит из кварцевой трубки, окруженной электрическим нагревателем. Температура реактора регулируется с помощью электронного ПИД-регулятора (счетчика температуры), который считывает температуру слоя с помощью термопары, вставленной в центр реактора.

Блок подачи азота состоит из расходомера с диапазоном расхода 0,15...1,5 л/мин. Охлаждающая горизонтальная стеклянная трубчатая ловушка использовалась для конденсации паров выделений. В реактор загружается приблизительно 3 г высушенных на воздухе частиц биомассы размером 1...2 мм, которые равномерно смешиваются с 28 г частиц из оксида алюминия размером 400...600 мкм, чтобы обеспечить лучший контроль температуры во всем уплотненном слое и предотвратить возникновение локализованных горячих точек в реакторе. Большая тепловая инерция и более высокая теплопроводность частицы оксида алюминия по сравнению с частицами свекловичного жома помогли преодолеть этот недостаток. После удаления воздуха из системы путем пропускания азота через слой со скоростью 1,5 л/мин в течение 10 мин реактор нагревается до желаемой температуры торрефикации (200, 250 и 300 °С).

По истечении заданного времени (30 мин) температуру слоя необходимо понизить как можно быстрее, выключив электрический нагреватель и вдувая холодный сжатый воздух на поверхность реактора. По окончании реакции система остается охлаждаться до комнатной температуры, а твердые и жидкие продукты извлекаются и взвешиваются.

Количество выжженной биомассы рассчитывается путем вычитания исходной массы частиц оксида алюминия из общей массы слоя. Масса неконденсируемых газообразных продуктов рассчитываются по разности.

$$MY_{\text{SOLID}} = \frac{m_{\text{torrefied solid}}}{m_{\text{SBP feedstock}}}; \quad (3)$$

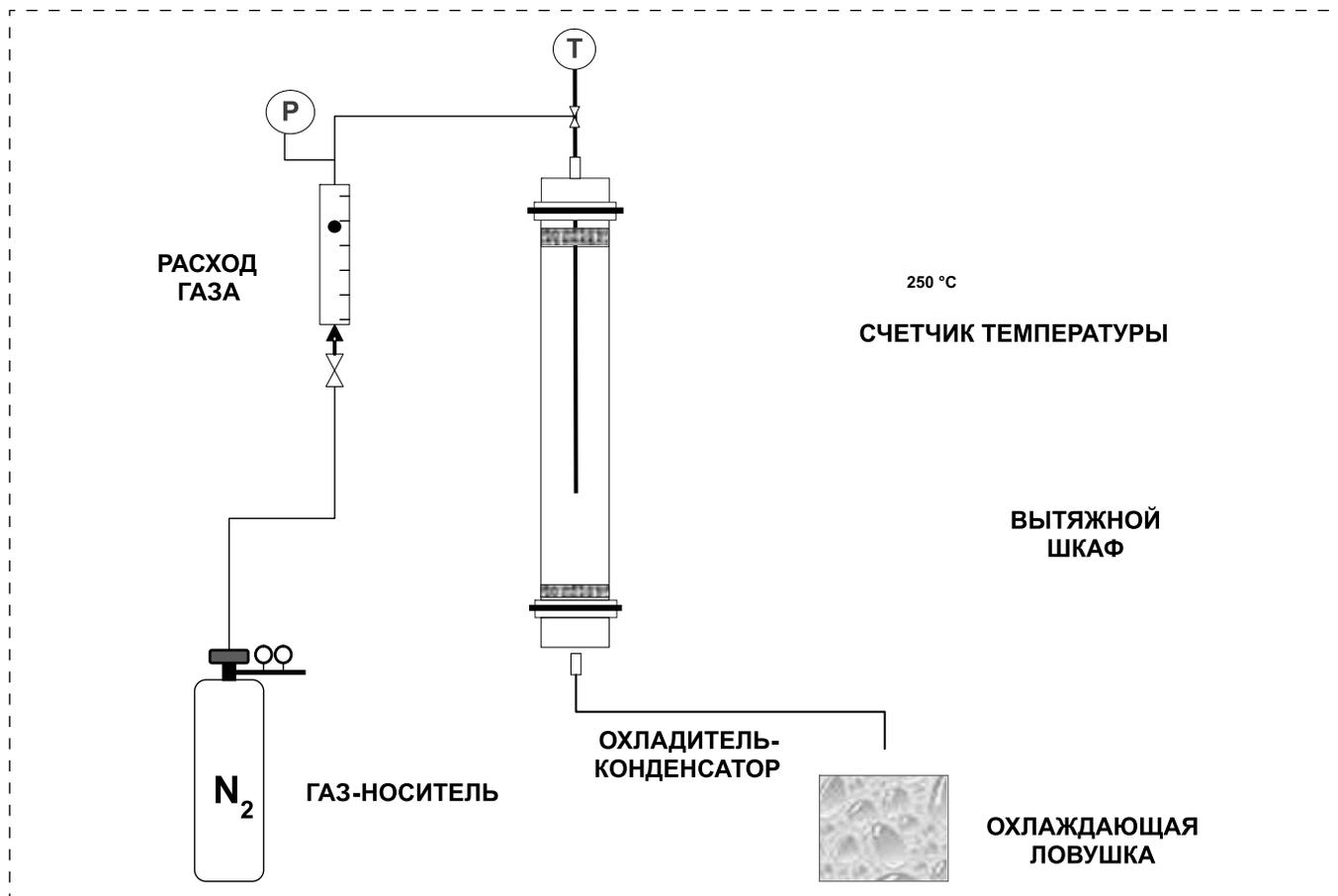


Рис. 3. Схема разработанной экспериментальной установки торрефикации с неподвижным слоем

$$MY_{LIQUID} = \frac{m_{condensable}}{m_{SBP\ feedstock}}; \quad (4)$$

$$MY_{GAS} = 100 - MY_{SOLID} - MY_{LIQUID}; \quad (5)$$

$$I_{ED} = \frac{LHV_{torrefied\ solid}}{LHV_{SBP\ feedstock}} \Big|_{db}; \quad (6)$$

$$EY_{SOLID} = MY_{SOLID} I_{ED}, \quad (7)$$

где $m_{torrefied\ solid}$ и $LHV_{torrefied\ solid}$ — масса торрефицированных твердых продуктов, г, и их низшая теплотворность, МДж/кг; $m_{condensable}$ — масса жидких продуктов, г; $m_{SBP\ feedstock}$ и $LHV_{SBP\ feedstock}$ — масса исходного сырья — свеколовичного жома, г, и его низшая теплотворность, МДж/кг; MY_{SOLID} — массовый выход твердых продуктов, %; MY_{LIQUID} — массовый выход жидкости, %; MY_{GAS} — массовый выход газовой составляющей, %; I_{ED} — индекс уплотнения энергии; EY_{SOLID} — энергетический выход, %.

Торрефикация проведена при трех различных температурах 200, 250 и 300 °С в течение 30 мин. Массовые выходы твердых (MY_{SOLID}), жидких (MY_{LIQUID}) и газообразных (MY_{GAS}) продуктов оценены на основе полученных результатов с помощью уравнений (3)—(5). Индекс уплотнения энергии (I_{ED}) и энергетический выход (EY_{SOLID}) выжженных твердых частиц оценивали на сухой основе с помощью уравнений (6)—(7).

Результаты и их обсуждение

Проведено несколько экстракций с целью оптимизации условий проведения экстракции пектина. Определение физико-химических характеристик двух свеколовичных пектинов СЖ и коммерческого цитрусового пектина проведено в данной работе. Водная активность свеколовичного пектина составила 0,601 при 20,8 °С. Это означает, что свеколовичный пектин не является микробиологически стабильным, так как значение водной активности выше 0,6.

Результаты измерения цветовых параметров двух свеколовичных пектинов и цитрусового

Цветовые параметры, DE и DM пектина

Тип пектина	Цветовые параметры			DE, %	DM, %
	L	a	b		
Пектин СЖ (I)	86,69 ± 3,68	+0,2 ± 0,48	+15,68 ± 4,29	27,73 ± 0,39	4,05 ± 0,00
Пектин СЖ (II)	63,39 ± 6,31	+3,66 ± 1,25	+24,88 ± 2,08	14,51 ± 0,91	4,12 ± 0,29
Цитрусовый	83,68 ± 0,88	+0,61 ± 0,08	+14,91 ± 0,20	26,79 ± 0,00	4,08 ± 0,03

Таблица 2

Химический состав высушенного пектина, %, полученного с помощью двух различных способов экстракции лимонной кислотой

Элементы	Пектин (I)	Пектин (II)	Цитрусовый
Углерод С	38,24	37,11	37,13
Водород Н	5,6	5,51	5,69
Азот N	0,29	0,37	0
Кислород O	55,87	57,01	57,18

приведены в табл. 1. Эти результаты показывают, что свежковичный и цитрусовый пектины являются низкоэтерифицированными.

Было обнаружено, что в обоих образцах пектина наблюдаются те же полосы поглощения в области функциональных групп спектров FTIR (рис. 4), которая простирается от 4000 до 1800 см^{-1} , а именно: широкая полоса поглощения около 3400 см^{-1} , соответствующая валентному колебанию водородных связей

O—H групп галактуроновой кислоты; узкая полоса поглощения C—H при приблизительно 2900 см^{-1} , соответствующая O—CH₃ из метиловых эфиров галактуроновых кислот. Область от 1800 см^{-1} до 650 см^{-1} показывает, что спектры FTIR обоих образцов пектина демонстрируют характерные полосы поглощения пектина.

Таблица 3

Экспериментальные условия и результаты торрефикации

Биомасса	Температура, °C	Период, мин	MY_{SOLID}	MY_{LIQUID}	MY_{GAS}	I_{ED}	EY_{SOLID} , %
			% масс.				
СЖ	200	30	69,50	8,01	22,49	1,19	83,23
	250	30	49,07	16,57	34,35	1,29	63,31
	300	30	44,46	16,43	39,11	1,40	61,19
ОЭ	200	30	66,30	16,11	17,59	1,12	77,73
	250	30	48,06	16,96	34,98	1,31	66,10
	300	30	31,81	15,82	52,38	1,57	52,57

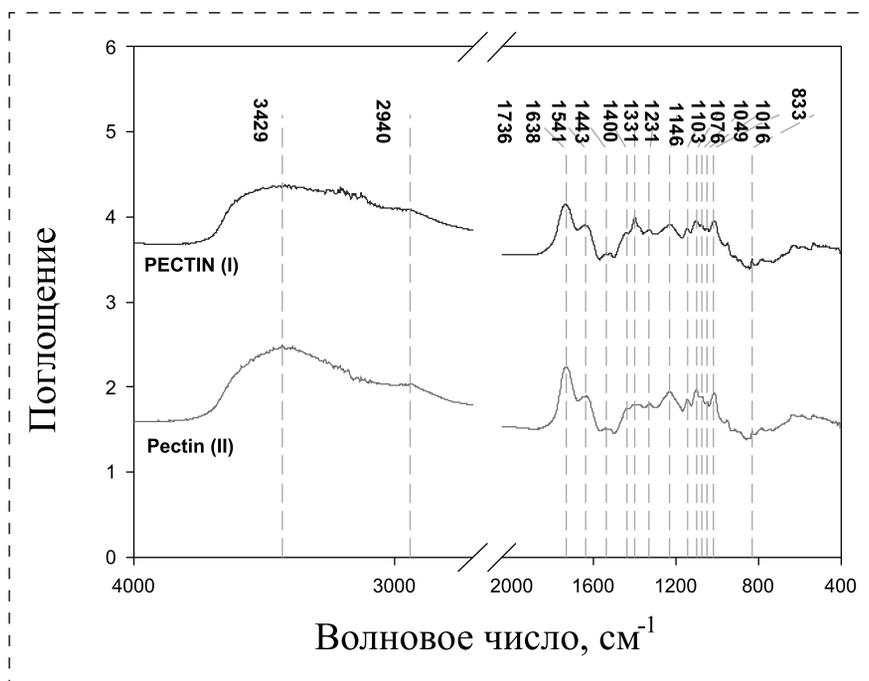


Рис. 4. ИК-спектры свежковичного пектина (I) и (II)

пектина представлены в табл. 1. Для данных пектинов характерны краснота и желтизна. Свежковичный пектин (I) темнее, чем свежковичный пектин (II) и цитрусовый пектин, поэтому значение L ниже.

Результаты определения DE и DM для двух свежковичных пектинов и цитрусового пектина

Химический состав и теплотворность твердых продуктов торрефикации

Твердый продукт	Зольность, % масс.	Технический анализ, % масс.		Элементный анализ, % масс.				Теплотворность, МДж/кг	
		VM	FC	C	H	N	O	LHV	HHV
СЖ	4,28	76,15	23,85	53,67	6,26	2,36	37,71	21,14	19,83
СЖ	4,83	63,75	36,26	58,61	5,92	2,38	33,10	22,71	21,48
СЖ	6,68	60,59	39,40	64,67	5,67	2,78	26,89	24,53	23,37
ОЭ	3,72	72,46	27,55	52,85	5,92	1,92	39,32	20,45	19,21
ОЭ	5,06	60,39	39,61	62,15	5,53	2,10	30,22	23,69	22,54
ОЭ	7,40	40,06	59,95	75,80	4,91	2,62	16,67	28,07	27,08

Условные обозначения: VM — количество летучих веществ; FC — количество связанного углерода; C, H, N, O — количество углерода, водорода, азота, кислорода соответственно; LHV и HHV — низшая и высшая теплотворность соответственно

Результат согласуется с результатами элементного анализа: присутствие небольшого количества азота в обоих образцах пектина (табл. 2). Очень маленькая полоса 1540 см^{-1} также подтвердила наличие небольшого количества амида белка в экстрагированных образцах пектина из свекловичного жома.

Торрефикация является оптимальным процессом для производства высококачественного твердого топлива из свекловичного жома. Теплотворная способность увеличилась в 1,4 раза для биомассы, обработанной при $300\text{ }^\circ\text{C}$ за 30 мин, изменяясь от 17,2 до 24,5 МДж/кг. Отношение O/C уменьшено на 59 %. Экспериментально установлено, что отходы экстракции пектина (ОЭ) — более подходящий материал для торрефикации, чем исходный свекловичный жом (СЖ), из-за низкого содержания золы.

В табл. 3 и 4 показаны основные результаты тестов торрефикации с неподвижным слоем, выполненных на образцах СЖ и ОЭ.

Таким образом, отходы от экстракции пектина возможно использовать для получения высококачественного твердого биотоплива.

Выводы

В данной работе приведены результаты определения физико-химических свойств полученного пектина из свекловичного жома — отхода сахарного производства. Водная активность свекловичного пектина составила 0,601 при $20,8\text{ }^\circ\text{C}$. Измерены цветовые параметры двух свекловичных пектинов и цитрусового пектина: для данных пектинов характерны краснота и желтизна. Результаты определения степени этерификации и метоксильной составляющей показывают, что свекловичный и цитрусовый пектины являются низкометоксилированными.

Приведены результаты торрефикации отходов экстракции пектина: установлена потенциальная возможность преобразования данного вида сырья в высококачественное биотопливо с высшей теплотворной способностью, сравнимой с теплотворностью торфа, дерева, угля (20...23 МДж/кг).

Список литературы

1. **Directive 2008/98/EC** on waste (Waste Framework Directive). URL: <http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/> (дата обращения 25.01.2017).
2. **Славянский А. А.** Технологическое оборудование сахарных заводов. — М.: Изд. комплекс МГУПП, 2006. — 120 с.
3. **Сахарная свекла.** URL: <http://www.sugarbeet.ru/> (дата обращения 27.01.2017).
4. **Food and Agriculture Organization of the United Nations.** URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (дата обращения 27.01.2017).
5. **Титова В. И., Дабахов М. В., Дабахова Е. В.** Обоснование использования отходов в качестве вторичного материального ресурса в сельскохозяйственном производстве: Учебное пособие. — Нижний Новгород, Изд-во ВВАГС, 2009. — 178 с.
6. **Improving the efficiency of enzyme utilization for sugar beet pulp hydrolysis** / Zheng Yi, Yu-Shen Cheng, Chaowei Yu, Ruihong Zhang, Bryan M. Jenkins, Jean S. Vander Gheynst // *Bioprocess Biosyst. Eng.* — 2012. — No. 8 (3). — P. 108—114.
7. **Рянова Э. Э., Кострюкова Н. В.** Получение пектина из свекловичного жома // *Международный научно-исследовательский журнал.* — 2017. — № 4 (58). — С. 98—101.
8. **Рянова Э. Э., Кострюкова Н. В.** Физико-химический анализ свекловичного жома. *SCI-ARTICLE.RU.* 2017. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1488193767> (дата обращения 30.03.2017).
9. **Production of pectic extracts from sugar beet pulp with antiproliferative activity on a breast cancer cell line** / Jacqueline Concha, Caroline Weinstein, María Elvira Zúñiga // *Front. Chem. Sci. Eng.* — 2013. — No. 7 (4). — P. 482—489.



E. E. Riianova, Master's Degree Student, N. V. Kostryukova, Associate Professor,
e-mail: kostrukova@list.ru, Ufa State Aviation Technical University

Second Utilization of Sugar Beet Pulp — the Sugar Factory Waste

The aim of the scientific research work is a complex valorization of sugar beet pulp, which is the sugar factory waste. The method for pectin extraction from sugar beet pulp using citric acid solution as extracting agent was proposed in this work. To achieve the aim the characterization of raw sugar beet pulp was determined (total acidity, pH, total sugar value, the amount of carbon, hydrogen, nitrogen, oxygen, volatile matters, fixed carbon values, ash content), the pectin extraction was performed, conditions of extraction were optimized in the order to achieve the highest yield of pectin, the physic-chemical characterization of sugar beet pectin was made (the degree of esterification, the methoxy content, color measurement, water activity, FTIR analysis) and torrefaction of wastes after pectin extraction was performed to obtain bio-fuel. The developed method is eco-friendly and low waste method, because the sugar factory waste — sugar beet pulp, was used such as raw material and the citric acid solution was used for pectin extraction. The obtained pectin (the yield was about 21...29 %) can be used for food industry as a gelation agent, thickening agent, stabilizer.

Keywords: sugar factory, sugar beet pulp, sugar beet, pectin, extraction, citric acid, ethanol, torrefaction, degree of esterification, bio-fuel

References

1. **Directive 2008/98/EC** on waste (Waste Framework Directive). URL: <http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/> (date of access 25.05.2017).
2. **Slavjanskij A. A.** Tehnologicheskoe oborudovanie saharnyh zavodov. Moscow: Izd. kompleks MGUPP, 2006. 120 p.
3. **Saharnaja svekla.** URL: <http://www.sugarbeet.ru/> (date of access 27.05.2017).
4. **Food and Agriculture** Organization of the United Nations. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (date of access 27.05.2017).
5. **Titova V. I., Dabahov M. V., Dabahova E. V.** Obosnovanie ispol'zovanija othodov v kachestve vtorichnogo material'nogo resursa v sel'skohozjajstvennom proizvodstve: uchebnoe posobie. Nizhnij Novgorod, Izd-vo VVAGS, 2009. 178 p.
6. **Improving** the efficiency of enzyme utilization for sugar beet pulp hydrolysis. Zheng Yi, Yu-Shen Cheng, Chaowei Yu, Ruihong Zhang, Bryan M. Jenkins, Jean S. Vander Gheynst. *Bioprocess Biosyst. Eng.* 2012. No. 8 (3). P. 108—114.
7. **Riianova E. E., Kostrukova N. V.** Obtaining pectin from beet pulp. *International research journal.* 2017. No. 4 (58). P. 98—101.
8. **Riianova E. E., Kostrukova N. V.** Physic-chemical characterization of sugar beet pulp. *SCI-ARTICLE.RU.* 2017. URL: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1488193767> (date of access 30.05.2017).
9. **Production** of pectic extracts from sugar beet pulp with antiproliferative activity on a breast cancer cell line / Jacqueline Concha, Caroline Weinstein, Maria Elvira Zúñiga. *Front. Chem. Sci. Eng.* 2013. No. 7 (4). P. 482—489.

Информация

XXI Международная специализированная выставка

**"Безопасность и Охрана Труда — 2017" (БиОТ-2017)
и IV Всероссийский конгресс организаций и специалистов по охране труда**

12—15 декабря 2017, Москва, ВДНХ, павильон № 75

Организаторы выставки — Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации, саморегулируемая организация Ассоциация разработчиков, изготовителей и поставщиков средств индивидуальной защиты (Ассоциация "СИЗ") и Всероссийское объединение специалистов по охране труда (ВОСОТ).

Подробнее: <http://www.biot.ru.com/>

УДК 614.84

Ю. Н. Эйдемиллер¹, канд. техн. наук, доц., e-mail: eidem73@mail.ru,

А. В. Федосов², канд. техн. наук, доц., **В. А. Ибраева**¹, студентка,

¹ Уфимский государственный авиационный технический университет

² Уфимский государственный нефтяной технический университет

Анализ условий труда работников нефтедобывающих предприятий, занятых на работах в "особых" климатических регионах

Проанализированы условия труда работников нефтедобывающих предприятий, обусловленные фактором холода в "особых" климатических регионах. В рамках специальной оценки условий труда рассмотрено рабочее место буровика эксплуатационного бурения на нефть и газ. Выполнен расчет величины теплоизоляции комплекта средств индивидуальной защиты для обеспечения теплового комфорта работника буровой, а также разработаны оптимальные режимы работы с учетом температурного фактора окружающей среды.

Ключевые слова: "особые" климатические условия, специальная оценка условий труда, средства индивидуальной защиты, нормативная основа организации труда, оптимизация условий труда

Введение

В климатических условиях России человек, работающий на открытой территории большую часть рабочего времени, подвергается воздействию холода, под которым понимается комплекс физических факторов, обуславливающих охлаждение организма [1].

К числу профессий, деятельность которых связана с преимущественным пребыванием на открытой территории, относятся специалисты горнодобывающей, нефтедобывающей и строительной отраслей [2].

Нормативную основу организации труда и его охраны в системе законодательства РФ при работе на открытой территории составляют:

— ст. 212 Трудового кодекса РФ, регламентирующая обязанности работодателя по организации охраны труда на предприятии;

— часть 2 ст. 22 Трудового кодекса РФ, устанавливающая обязанность работодателя обеспечивать безопасность и условия труда, соответствующие государственным нормативным требованиям охраны труда;

— ст. 109 ТК РФ, регулирующая правила предоставления специальных перерывов для обогрева и отдыха;

— часть 1 ст. 109 ТК РФ, закрепляющая за работодателем обязанность устанавливать правилами внутреннего трудового распорядка виды работ,

при которых предусматривается предоставление работникам в течение рабочего времени специальных перерывов, обусловленных технологией и организацией производства и труда, а также продолжительность и порядок их предоставления;

— Методические рекомендации МР 2.2.7.2129-06 [3].

Согласно МР 2.2.7.2129-06 [3] основными условиями, определяющими продолжительность работы в холодный период года на открытой территории являются: климатический пояс, категория выполняемых работ по величине энергозатрат, температура воздуха и скорость ветра, использование средств индивидуальной защиты, наличие помещений для обогрева, а также наличие регламентированных перерывов на обогрев.

Анализ условий труда работников нефтедобывающих предприятий

В числе ведущих отраслей экономики, определяющих уровень научно-технического прогресса страны, одно из первых мест занимает нефтедобывающая промышленность. Интенсивное освоение новых нефтяных месторождений в различных регионах страны сопровождается увеличением контингента лиц, подвергающихся воздействию вредных производственных факторов.

Основные и наиболее крупные месторождения нефти и газа расположены на территории



Крайнего Севера (Тюменская область, Ямало-Ненецкий автономный округ, Ханты-Мансийский автономный округ и др.) и отличаются суровыми природно-климатическими условиями. Отрицательная среднегодовая температура воздуха, продолжительная зима, пониженная влажность воздуха, воздействие ветров и другие негативные факторы оказывают существенное влияние на условия труда и здоровье работников, занятых на производстве.

В наибольшей степени отрицательному воздействию климатического фактора в нефтедобывающей отрасли подвержены работники буровой площадки. Бурение скважин осуществляется вахтово-экспедиционным методом, так как буровые площадки располагаются вне пределов постоянного жительства работников. Рабочие испытывают нагрузки, связанные с неблагоприятным воздействием экстремально-климатических и производственных факторов, носящих дискретный характер при вахтовых режимах труда, что в конечном итоге может приводить к истощению механизмов компенсации организма и развитию ряда патологических процессов [4].

Особенное значение в режиме труда рабочих буровых бригад имеют такие неблагоприятные факторы, как отсутствие регламентированных перерывов на обед и отдых, отдаленность буровых объектов от места жительства, отсутствие рациональной спецодежды, что способствует общему охлаждению в процессе работы и транспортировки. Действие холодного фактора усугубляется постоянным увлажнением рук раствором, используемым в процессе бурения [4].

В рамках специальной оценки условий труда рассмотрим условия труда бурильщика эксплуатационного бурения на нефть и газ [5, 6]. Продолжительность смены бурильщика составляет 12 ч. Свои обязанности бурильщик выполняет на рабочем месте, под которым понимается часть производственного пространства со всем расположенным на нем основным и вспомогательным технологическим оборудованием, оснасткой, инвентарем, инструментом, рабочей мебелью и специальными приспособлениями, необходимыми для производства определенного вида работ. За бурильщиком эксплуатационного бурения закреплено два рабочих места:

1. Роторная площадка, где работник суммарно за смену пребывает в течение 5 ч.

2. Кабина бурильщика, в которой он проводит большую часть рабочего времени, а именно 7 ч.

Роторная площадка представляет собой часть буровой установки, на которой проводятся основные операции бурения и располагаются необходимые для этого инструменты. Она находится

на открытом воздухе, следовательно, бурильщик в процессе выполнения своих трудовых обязанностей подвергается отрицательному воздействию климатических факторов. Наиболее вредным проявлением климатического фактора является воздействие холода на работника.

Основная роль в защите человека от холода принадлежит поведенческой терморегуляции, заключающейся в активном, целенаправленном регулировании термической нагрузки на организм. Большое значение при проведении работ на открытой территории в холодный период года приобретают средства индивидуальной защиты от холода, теплофизические параметры которых соответствуют условиям их использования, обеспечивая должную защиту от охлаждения.

В соответствии с частью 1 ст. 221 ТК РФ на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, работникам бесплатно выдаются прошедшие обязательную сертификацию или декларирование соответствия специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты, а также смывающие и (или) обезвреживающие средства. Работодатель за счет своих средств обязан в соответствии с установленными нормами обеспечивать своевременную выдачу специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты, а также их хранение, стирку, сушку, ремонт и замену. Нормы выдачи средств индивидуальной защиты работникам нефтяной промышленности установлены Приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 9 декабря 2009 г. № 970н [7].

Средства индивидуальной защиты от холода (далее — СИЗ X) должны удовлетворять комплексу требований, часто не совместимых друг с другом. Они одновременно должны обладать высокими теплозащитными показателями, малой массой, не ограничивать свободу движений, защищать от внешней и производственной влаги, ветра и не препятствовать удалению влаги с поверхности тела человека. Создание СИЗ X в соответствии с гигиеническими требованиями осложняется изменчивостью таких факторов, как метеорологические условия, физическая активность человека, продолжительность его пребывания на холоде, особенности теплообмена в области головы, стоп, кистей, низкой эффективностью их утепления.

Теплозащитные свойства средств индивидуальной защиты должны определяться в соответствии:

— с п. 5.4 Методических рекомендаций МР 2.2.7.2129-06 [3];

— с Методическими указаниями МУК 4.3.1901-04 [8];

— с Методическими рекомендациями МР 11-0/279-09 [9].

Все выдаваемые средства индивидуальной защиты должны пройти обязательную сертификацию в соответствии с Техническим регламентом Таможенного союза ТРТС 019/2011 [10] "О безопасности средств индивидуальной защиты", утвержденным Решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 878.

Основная функция СИЗ X состоит в теплозащите работника. Теплозащитные свойства СИЗ X определяются условиями их применения (категория производимых работ, температура окружающей среды, скорость ветра, материал, из которого изготовлено СИЗ X) и характеризуются теплоизоляцией I_k , $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ или кло^1 ($1 \text{ кло} = 0,155 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$) — полным сопротивлением переносу тепла от поверхности тела человека во внешнюю среду, включая материалы, воздушные прослойки между ними и пограничный слой воздуха, прилегающий к наружной поверхности одежды, представляющее собой отношение разности средней температуры кожи человека и температуры окружающей среды к средневзвешенной плотности сухого теплового потока.

Расчетная часть

Расчет величины теплоизоляции комплекта СИЗ для обеспечения теплового комфорта работника буровой выполнен на основе Методических рекомендаций МР 11-0/279-09 [9]. В качестве исходных данных принято следующее:

— по уровню энергозатрат (175...232 Вт) работа бурильщика относится ко IIa категории работ;

— значительную часть рабочей смены (5 ч) работник проводит на роторной площадке, которая является открытой и незащищенной от отрицательного воздействия климатического фактора рассматриваемого региона, который относится к "особому" климатическому региону со средней температурой воздуха зимних месяцев -25 °C ;

— скорость ветра на роторной площадке составляет 1 м/с, поскольку вокруг площадки предусмотрены ограждения из профнастила;

— внешний материал СИЗ имеет воздухопроницаемость, равную $30 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$.

¹ Кло (clo) — показатель, представляющий собой оценку количества теплоизолирующего материала, необходимого для поддержания температуры кожи сидящего человека при температуре $+21 \text{ °C}$ и относительной влажности воздуха 50 %. Эта единица измерения была разработана в 1941 г. американскими учеными Гэджем, Бёртоном и Базетом, и название ее происходит от первых букв английского слова Clothes, что означает "одежда".

1. Теплоизоляция комплекта СИЗ, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, рассчитывается по формуле:

$$I_k = \frac{T_k - T_v}{q_{\text{п}}},$$

где T_k — средневзвешенная температура кожи (при комфортных ощущениях), °C ;

$$T_k = 36,07 - 0,0354q_M = 36,07 - 0,0354 \cdot 113 = 32,070 \text{ °C}; \quad (2)$$

T_v — температура окружающей среды, при которой предполагается эксплуатировать одежду, °C ;
 $q_{\text{п}}$ — средневзвешенный тепловой поток, $\text{Вт}/\text{м}^2$;
 q_M — энергозатраты человека, $\text{Вт}/\text{м}^2$ (в расчетах принято $q_M = 113 \text{ Вт}/\text{м}^2$).

2. Величина $q_{\text{п}}$ вычисляется в соответствии с уравнением теплового баланса:

$$q_{\text{п}} = q_M - W - q_{\text{к.дых}} - q_{\text{исп.дых}} - q_{\text{исп.к}}, \quad (3)$$

где W — эффективная мощность механической работы, $\text{Вт}/\text{м}^2$; $q_{\text{к.дых}}$ — теплотери конвекцией при дыхании, $\text{Вт}/\text{м}^2$; $q_{\text{исп.дых}}$ — теплотери испарением влаги при дыхании, $\text{Вт}/\text{м}^2$; $q_{\text{исп.к}}$ — потери тепла испарением влаги с поверхности, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

2.2. Теплотери конвекцией при дыхании определяются по формуле:

$$q_{\text{к.дых}} = 0,0014q_M(T_{\text{выд}} - T_v) = 0,0014 \cdot 113(24 - (-25)) = 7,752 \text{ Вт}/\text{м}^2, \quad (4)$$

где $T_{\text{выд}}$ — температура выдыхаемого воздуха, °C ;

$$T_{\text{выд}} = 29 + 0,2T_v = 29 + 0,2(-25) = 24, \text{ °C}. \quad (5)$$

2.3. Теплотери испарением влаги при дыхании вычисляются по формуле:

$$q_{\text{исп.дых}} = 0,0173q_M(P_{\text{выд}} - P_v) = 0,0173 \cdot 113(2,985 - 0,063) = 5,712 \text{ Вт}/\text{м}^2, \quad (6)$$

где $P_{\text{выд}}$ — давление насыщенного водяного пара при температуре выдыхаемого воздуха ($T_{\text{выд}}$), кПа; P_v — давление водяного пара в атмосфере, кПа.

2.4. Теплотери испарением влаги с поверхности тела определяются по формуле:

$$q_{\text{исп.к}} = \frac{8,816 + 0,390q_M}{S} - q_{\text{исп.дых}} = \frac{8,816 + 0,390 \cdot 113}{1,8} - 5,712 = 23,669 \text{ Вт}/\text{м}^2, \quad (7)$$

где S — площадь поверхности тела обнаженного человека, м^2 ($S = 1,8 \text{ м}^2$).



Значение средневзвешенного теплового потока определяют по формуле (3):

$$q_{\text{п}} = 113 - 0 - 7,752 - 5,712 - 23,669 = 75,867 \text{ Вт/м}^2.$$

Далее по формуле (1) определяют теплоизоляцию комплекта СИЗ, где $1 \text{ кло} = 0,155 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$:

$$I_{\text{к}} = \frac{32,07 - (-25)}{75,867} = 0,752 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт} = 4,85 \text{ кло}.$$

Поскольку значение скорости ветра на роторной площадке отлично от нуля, необходимо уточнить значение теплоизоляции комплекта с учетом поправки на ветер. Поправка на ветер рассчитывается по формуле следующим образом:

$$C = (0,07V + 2)v + 5 = (0,07\cdot 30 + 2)1 + 5 = 9,1, \quad (8)$$

где V — воздухопроницаемость внешнего материала СИЗ, $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$; v — скорость ветра, м/с .

Тогда теплоизоляция комплекта СИЗ с учетом поправки на ветер:

$$I'_{\text{к}} = I_{\text{к}}C + I_{\text{к}} = 0,752 \cdot 0,091 + 0,752 = 0,820 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт} = 5,29 \text{ кло}, \quad (9)$$

Таблица 1

Коэффициенты для определения теплоизоляции комплекта СИЗ X для различных участков поверхности тела

Область тела	Коэффициент	Рассчитанное значение теплоизоляции СИЗ	
		$\text{м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$	кло
Голова	0,39	0,320	2,06
Туловище	1,45	1,189	7,67
Плечо и предплечье	1,23	1,009	6,51
Кисть	0,55	0,451	2,91
Бедро и ягодицы	1,07	0,877	5,66
Голень	0,86	0,705	4,55
Стопа	0,59	0,484	3,12

где C — снижение теплоизоляции с поправкой на ветер (в расчетах принято в %).

Поскольку тело человека неравномерно подвергается воздействию холода, теплоизоляция отдельных составляющих комплекта СИЗ различается. В табл. 1 приведены коэффициенты для определения теплоизоляции комплекта СИЗ X для различных участков поверхности тела человека и результаты расчета.

Таким образом, рассчитанная величина теплоизоляции комплекта СИЗ от холода для бурильщика составит 5,29 кло.

Рекомендации по оптимизации условий труда

В соответствии с Приказом Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 9 декабря 2009 г. № 970н [7] бурильщик эксплуатационного бурения на нефть и газ должен обеспечиваться комплектом СИЗ, представленным в табл. 2 [11].

Такой комплект СИЗ должен отвечать требованиям ГОСТ Р 12.4.236—2007 "ССБТ. Одежда специальная для защиты от пониженных температур. Технические требования" и обеспечивать рассчитанное значение теплоизоляции (5,29 кло).

Возможности должной защиты человека от охлаждения, особенно в суровых климатических условиях, с помощью одной лишь одежды ограничены, главным образом по причине малой эффективности утепления стоп и кистей, а также в связи с охлаждением лица и органов дыхания [8]. Указанное определяет, что помимо использования СИЗ от холода, необходимо регламентировать время пребывания работника на холоде и время, необходимое на обогрев, применительно к различным метеоусловиям, физической активности, теплоизоляции СИЗ [11].

Таблица 2

Норма выдачи СИЗ от холода для бурильщика эксплуатационного бурения

Наименование СИЗ	Норма выдачи на год
Костюм из хлопчатобумажной ткани с огнезащитной пропиткой на утепляющей прокладке или из огнестойких тканей на основе смеси мета- и параамидных термостойких волокон на утепляющей прокладке	2 на 2 года
Жилет меховой	1 на 4 года
Белье нательное утепленное	2 комплекта
Рукавицы меховые в IV и особом поясах	1 пара на 2 года
Сапоги кожаные утепленные с жестким подноском	1 пара на 2 года
Валенки с резиновым низом	1 пара на 2 года

Таблица 3

Результаты расчета максимального времени пребывания бурильщика на холоде с учетом теплоизоляции СИЗ

Температура воздуха, °С	Максимально допустимое время пребывания на холоде, ч
-10	Неограниченно — охлаждение поверхности тела отсутствует
-15	
-20	
-25	
-30	2,5
-35	1,76
-40	1,36
-45	1,12

Максимально допустимое время пребывания работника на холоде, ч, определяется из соотношения:

$$t = \frac{D}{q_{п} - q_{п.к}}, \quad (10)$$

где D — допустимый дефицит тепла в организме человека; $D = 52 \text{ Вт} \cdot \text{ч}/\text{м}^2$; $q_{п.к}$ — величина теплового потока при условии сохранения теплового комфорта, $\text{Вт}/\text{м}^2$; $q_{п}$ — "сухой" тепловой поток, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

$$q_{п} = \frac{T_{к} - T_{в}}{I'_{к}}, \quad (11)$$

где $I'_{к}$ — теплоизоляция комплекта СИЗ, $\text{м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт}$ ($I'_{к} = 0,82 \text{ м}^2 \cdot \text{°С}/\text{Вт}$).

Рассчитанные значения максимально допустимого времени пребывания бурильщика на холоде при различных температурах окружающей среды приведены в табл. 3.

Регламентация режима работ на открытой территории производится в соответствии с разработанными Методическими рекомендациями МР 2.2.7.2129-06 [3]. В соответствии с приведенными рекомендациями внутрисменный режим работы на холоде в зависимости от температуры воздуха и скорости ветра в "особом" климатическом поясе отображен в табл. 4.

Таким образом, при температурах воздуха ниже -25 °С в 4-часовой рабочий период рабочей смены бурильщика должны включаться 10-минутные перерывы для обогрева. С учетом того, что рабочая смена бурильщика длится 12 ч, в табл. 5 приведены данные о числе 10-минутных перерывов за одну смену в зависимости от температуры воздуха.

Кроме того, для работников, выполняющих работу на открытом воздухе, на буровой площадке должны быть предусмотрены помещения для кратковременного отдыха и обогрева. Помещение должно быть оборудовано отоплением, искусственным освещением, устройством для быстрого согревания работников (установки местного контактного, конвекционного или лучистого обогрева), умывальниками, электрочайниками. В целях нормализации теплового состояния температура

Таблица 4

Внутрисменный режим работы

Температура воздуха, °С	Скорость ветра, м/с											
	≤ 1		2		4		6		8		10	
	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б	а	б
-10	Не регламентируется*											
-15	Не регламентируется*										154	1
-20	Не регламентируется*						180	1	130	1	98	2
-25	Не регламентируется*				150	1	114	1	90	2	72	2
-30	150	1	130	1	103	2	83	2	68	2	63	3
-35	106	1	95	2	79	2	66	3	55	3	47	4
-40	82	2	75	2	64	3	54	3	46	4	40	4
-45	67	3	62	3	53	3	46	4	40	4	35	5

а — продолжительность непрерывного пребывания на холоде, мин;
б — число 10-минутных перерывов для обогрева за 4-часовой период рабочей смены.

* Отдых по причине физической усталости следует проводить в теплом помещении.



Таблица 5

Количество перерывов на обогрев за 12-часовую рабочую смену бурильщика в зависимости от температуры воздуха

Температура воздуха, °С	Число перерывов за смену
-10	Не регламентируется
-15	Не регламентируется
-20	Не регламентируется
-25	Не регламентируется
-30	3
-35	3
-40	6
-45	9

воздуха в местах обогрева должна поддерживаться на уровне 21...25 °С. В целях более быстрой нормализации теплового состояния организма и меньшей скорости охлаждения в последующий период пребывания на холоде в помещении для обогрева следует снимать верхнюю утепленную одежду, поэтому это помещение должно быть соответствующим образом оборудовано [3].

Местом обогрева для бурильщика может служить кабина бурильщика, установленная в непосредственной близости от места возможного

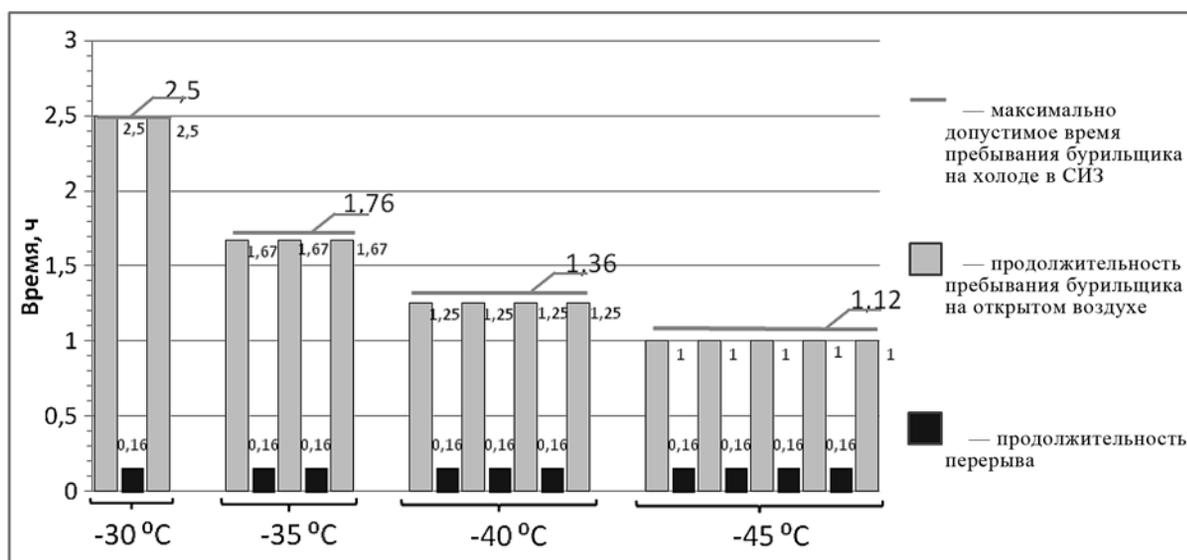
охлаждения работника и имеющая систему обогрева. В силу специфики выполняемой работы и отсутствия необходимости (в штатном режиме) непрерывного пребывания бурильщика на роторной площадке в течение долгого времени, работник имеет возможность совмещать пребывание на роторной площадке и в кабине бурильщика таким образом, чтобы не происходило охлаждение его тела. Для этого работнику необходимо чередовать минимальное время нахождения на роторной площадке, за которое работник не успеет подвергнуться охлаждению, и время нахождения в кабине бурильщика, достаточное для нормализации теплового баланса тела. Поскольку время пребывания бурильщика на роторной площадке в сумме за 12-часовую рабочую смену составляет 5 ч, а остальное время он проводит на рабочем месте — в кабине бурильщика, то в зависимости от температуры окружающей среды следует соблюдать режим работы, представленный в табл. 6.

На рисунке графически интерпретированы режимы работы бурильщика на открытой площадке в зависимости от температуры воздуха окружающей среды.

Таблица 6

Режим работы бурильщика эксплуатационного бурения в зависимости от температуры окружающей среды

Температура воздуха, °С	Максимально допустимое время пребывания на холоде, ч	Режим работы
-10	Охлаждение поверхности тела отсутствует	Время нахождения работника на роторной площадке и в кабине бурильщика может быть не ограничено и зависит только от необходимости выполнения тех или иных функций
-15		
-20		
-25		
-30	2,5	Непрерывное пребывание работника на открытом пространстве не должно превышать 2,5 ч, соответственно время пребывания бурильщика на роторной площадке (5 ч) должно быть разбито минимум на 2 периода по 2,5 ч с перерывами (минимум 10 мин) между ними, которые работник проводит в отапливаемой кабине бурильщика
-35	1,76	Непрерывное пребывание работника на открытом пространстве не должно превышать 1,76 ч, соответственно время пребывания бурильщика на роторной площадке (5 ч) должно быть разбито минимум на 3 периода по 1,67 ч с перерывами (минимум 10 мин) между ними, которые работник проводит в отапливаемой кабине бурильщика
-40	1,36	Непрерывное пребывание работника на открытом пространстве не должно превышать 1,36 ч, соответственно время пребывания бурильщика на роторной площадке (5 ч) должно быть разбито минимум на 4 периода по 1,25 ч с перерывами (минимум 10 мин) между ними, которые работник проводит в отапливаемой кабине бурильщика
-45	1,12	Непрерывное пребывание работника на открытом пространстве не должно превышать 1,12 ч, соответственно время пребывания бурильщика на роторной площадке (5 ч) должно быть разбито минимум на 5 периодов по 1 ч с перерывами (минимум 10 мин) между ними, которые работник проводит в отапливаемой кабине бурильщика



Режимы работы бурильщика на открытой площадке в зависимости от температуры воздуха окружающей среды

Перерывы на обогрев могут сочетаться с перерывами на восстановление функционального состояния работника после выполнения физической работы. В обеденный перерыв работник должен быть обеспечен горячим питанием. Начинать работу на холоде следует не ранее чем через 10 мин после приема горячей пищи (чая и др.). При температуре воздуха ниже $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ следует предусматривать защиту лица и верхних дыхательных путей [3].

Выводы

В результате проведенного анализа выявлено, что бурильщик на своем рабочем месте подвергается отрицательному воздействию климатических факторов. Снижению этого воздействия будут способствовать совместное применение СИЗ X, обеспечивающих тепловой комфорт работника и соблюдение режима работы (количество допустимых непрерывных периодов пребывания бурильщика на роторной площадке, их продолжительность и число 10-минутных перерывов за смену) в зависимости от температуры окружающей среды.

Необходимо отметить, что несмотря на суровые условия труда бурильщика, микроклимат производственной среды на открытых производственных площадках в соответствии с Федеральным законом "О специальной оценке условий труда" от 28.12.2013 № 426-ФЗ не подлежит специальной оценке условий труда, соответственно наличие воздействия климатического фактора на работника не влияет на установление класса условий труда бурильщика. Вместе с тем в настоящее

время разработаны и утверждены гарантии и компенсации лицам, работающим и проживающим в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях.

Основными документами, регламентирующими начисление компенсаций лицам, работающим и проживающим в районах Крайнего Севера, являются:

- гл. 50 ТК РФ "Особенности регулирования труда лиц, работающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях";
- Закон РФ от 19.02.1993 № 4520-1 "О государственных гарантиях и компенсациях для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях".

Кроме того, дополнительные гарантии и компенсации указанным лицам могут устанавливаться законами и иными нормативными актами субъектов РФ, органами местного самоуправления, а также коллективными договорами и соглашениями, исходя из финансовых возможностей работодателей (ст. 313 ТК РФ).

В соответствии с упомянутыми выше нормативными документами сотрудникам, проживающим и работающим в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, могут быть предоставлены следующие гарантии и компенсации:

- дополнительный выходной день (ст. 319 ТК РФ);
- сокращенная рабочая неделя (ст. 320 ТК РФ);
- ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск (ст. 321 ТК РФ, ст. 14 Закона № 4520-1);
- гарантии медицинского обслуживания (ст. 323 ТК РФ);



— компенсация расходов на оплату стоимости проезда и провоза багажа к месту использования отпуска и обратно (ст. 325 ТК РФ, ст. 33 Закона № 4520-1);
— компенсации расходов, связанных с переездом (ст. 326 ТК РФ, ст. 35 Закона № 4520-1);
— другие гарантии и компенсации (ст. 327 ТК РФ);
— государственные гарантии работнику, увольняемому в связи с ликвидацией организации либо сокращением численности или штата работников организации (ст. 318 ТК РФ).

Список литературы

1. **Агошков А. И., Трегубенко А. Ю., Вершкова Т. И.** Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: Учебное пособие. — М.: Проспект, 2015. — 160 с.
2. **Громова Л. Е.** Гигиенические основы охраны здоровья нефтяников вахтовых форм труда в условиях Крайнего Севера: Дис. ... канд. техн. наук. — Санкт-Петербург, 2009. — 49 с.
3. **MR 2.2.7.2129-06** "Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях". Методические рекомендации.
4. **Панов Г. Е.** Охрана труда при разработке нефтяных и газовых месторождений. — М.: Недра, 1982. — 246 с.

5. **Специальная оценка условий труда** / А. В. Федосов, Ю. Р. Абдрахимов, Н. В. Вадулина, А. В. Козлова: Монография. — Уфа: Изд-во УГНТУ, 2016 — 377 с.
6. **Измерение уровней вредных производственных факторов** / А. В. Федосов, Н. В. Вадулина, С. М. Рямова, А. И. Новикова, А. А. Хизбуллина: Монография. — Уфа: Изд-во УГНТУ, 2015 — 333 с.
7. **Приказ** Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 9 декабря 2009 г. № 970н "Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам нефтяной промышленности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением".
8. **МУК 4.3.1901-04** "Методика определения теплоизоляции средств индивидуальной защиты головы, стоп, рук на соответствие гигиеническим требованиям".
9. **MR 11-0/279-09** "Методические рекомендации по расчету теплоизоляции комплекта индивидуальных средств защиты работающих от охлаждения и времени допустимого пребывания на холоде".
10. **Технический регламент** Таможенного союза ТРТС 019/2011 "О безопасности средств индивидуальной защиты".
11. **Федосов А. В., Абдрахимов Ю. Р., Халилова О. Г.** Перспективы оценки эффективности средств индивидуальной защиты при проведении специальной оценки условий труда // Безопасность жизнедеятельности. 2015. — № 2 (170). — С. 3—6.

Yu. N. Eidemiller¹, Associate Professor, e-mail: eidem73@mail.ru,

A. V. Fedosov², Associate Professor, **V. A. Ibraeva**¹, Student

¹Ufa State Aviation Technical University

²Ufa State Petroleum Technical University

Analysis of Working Conditions of Employees of Oil-Producing Enterprises Engaged in Work in "Special" Climatic Regions

The working conditions of workers of oil-producing enterprises, conditioned by the factor of cold in "special" climatic regions, are analyzed. Within the framework of a special assessment of working conditions, the workplace of the driller for production drilling for oil and gas was considered. The calculation of the thermal insulation value of the personal protective equipment set was made to ensure the thermal comfort of the drilling worker, and optimal operating modes were developed taking into account the temperature factor of the environment.

Keywords: "special" climatic conditions, special assessment of working conditions, personal protective equipment, normative basis of labor organization, optimization of working conditions

References

1. **Agoshkov A. I., Tregubenko A. Yu., Vershkova T. I.** Medico-biological bases of life safety: Uchebnoe posobie. Moscow: Prospekt, 2015. 160 p.
2. **Gromova L. E.** Hygienic bases of protection of health of oilmen of rotational forms of work in the conditions of the Far North: Dis. ... candidate technical science. Saint-Petersburg, 2009. 49 p.
3. **MR 2.2.7.2129-06** "Modes of work and rest working in cold weather in an open area or in unheated rooms." Methodical recommendations.
4. **Panov G. E.** Labor protection in the development of oil and gas fields. Moscow: Nedra, 1982. 246 p.
5. **Special** assessment of working conditions. A. V. Fedosov, Yu. R. Abdrakhimov, N. V. Vadulina, A. V. Kozlova. Monographia. Ufa: Izd-vo UGNTU, 2016. 377 p.
6. **Measurement** of levels of harmful production factors. A. V. Fedosov, N. V. Vadulina, S. M. Ryamova, A. I. Novikova, A. A. Khizbullina. Monographia. Ufa: Izd-vo UGNTU, 2015. 333 p.
7. **Order** of the Ministry of Health and Social Development of the Russian Federation of December 9, 2009 No. 970n

- "On approval of the standard norms for the free issue of special clothing, special footwear and other personal protective equipment for workers in the oil industry engaged in work with harmful and (or) hazardous working conditions, As well as on work performed under special temperature conditions or associated with pollution".
8. **МУК 4.3.1901-04** "Methods for determining the thermal insulation of personal protective equipment for the head, feet, hands to meet hygiene requirements".
9. **MR 11-0/279-09** "Methodical recommendations for calculating the thermal insulation of a set of personal protective equipment for workers working against cooling and time permissible stay in the cold."
10. **Technical regulations** of the Customs Union TRTS 019/2011 "On the safety of personal protective equipment."
11. **Fedosov A. V., Abdrakhimov Yu. R., Khalilova O. G.** Prospects for assessing the effectiveness of personal protective equipment when conducting a special assessment of working conditions. *Life Safety*. 2015. No. 2 (170). P. 3—6.

УДК 613.3+614.77

Т. К. Валеев, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отдела, e-mail: valeevtk2011@mail.ru, **Р. А. Сулейманов**, д-р мед. наук, зав. отделом, **З. Б. Бактыбаева**, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отдела, **Н. Н. Егорова**, д-р мед. наук, вед. науч. сотр. отдела, **Р. А. Даукаев**, канд. биол. наук, зав. отделом, **Н. Р. Рахматуллин**, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. отдела, Уфимский научно-исследовательский институт медицины труда и экологии человека

Эколого-гигиеническая оценка риска здоровью населения Республики Башкортостан, обусловленного качеством питьевой воды*

Приведены результаты анализа качества питьевой воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения, оценки канцерогенных и неканцерогенных рисков здоровью населения на территориях промышленно развитого региона.

Установлено, что к зонам с неблагоприятным качеством источников хозяйственно-питьевого водоснабжения и, как следствие, повышенным уровнем риска здоровью населения относятся отдельные территории южного, центрального, уральского и западного регионов Республики Башкортостан. Для жителей этих территорий существует повышенная вероятность развития патологических изменений со стороны сердечно-сосудистой, иммунной, центральной нервной систем, системы крови, желудочно-кишечного тракта. Наиболее высокий суммарный индивидуальный канцерогенный риск, связанный с содержанием в питьевой воде канцерогеноопасных соединений, рассчитан на территории уральского региона и составил: для взрослого населения — $9,4E-04$, для детского населения — $2,9E-04$. Канцерогенные риски обусловлены в первую очередь экспозицией мышьяка, шестивалентного хрома, дибромхлорметана, пентахлорфенола, свинца. Уровни популяционных канцерогенных рисков для населения отдельных территорий республики составили: в центральном регионе для взрослого населения — 336 и для детского населения — 24 дополнительных случаев, южном — 255 и 19, западном — 174 и 8, северо-западном — 14 и 4, северном — 24 и 2, северо-восточном — 20 и 1, уральском — 320 и 23 соответственно. Проведенные исследования позволили научно обосновать приоритетные показатели источников централизованного и нецентрализованного водоснабжения на отдельных территориях Башкортостана, присутствие которых в наибольшей степени опасно для здоровья населения.

Ключевые слова: питьевая вода, химические вещества, уровни канцерогенного и неканцерогенного рисков, здоровье населения, заболеваемость, качество водоснабжения, загрязнение, гигиенические нормативы, регионы, территории

Введение

В современных условиях обеспечение населения доброкачественной питьевой водой является актуальной социально-гигиенической и научно-технической проблемой из-за интенсивного химического и микробиологического загрязнения

* Исследования проведены при финансовой поддержке ПНИИ АН РБ по теме "Обоснование приоритетных загрязнителей источников водоснабжения на отдельных территориях населенных мест и оценка их неблагоприятного влияния на демографическую ситуацию в Республике Башкортостан" (АН46/12Б от 26.12.2016) и гранта РГНФ № 17-16-02010 "Эколого-гигиеническое обоснование канцерогенных рисков здоровью населения Республики Башкортостан от загрязнения объектов окружающей среды".

источников питьевого водоснабжения, недостаточного уровня внедрения прогрессивных технологий водоподготовки питьевой воды и нарастающего ухудшения состояния водоотводящих и разводящих сетей.

Загрязнение питьевых вод химическими соединениями является проблемой, вызывающей обеспокоенность в отношении здоровья человека во всем мире. Повышенное содержание в питьевой воде хлора, мышьяка, кадмия, алюминия, свинца, хлорорганических соединений и ряда иных примесей может вызвать развитие неблагоприятных эффектов со стороны практически всех органов и систем организма взрослых и детей [1].



Количественные и качественные характеристики риска здоровью населения, связанного с употреблением воды, служат значимой информацией в условиях внедрения риск ориентированной модели надзорной деятельности в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Учитывая это, проблема улучшения водоснабжения населения и качества питьевой воды имеют общегосударственное значение и требуют комплексного решения [2—4].

Проблема качества питьевого водоснабжения и связанная с этим вероятность формирования негативных тенденций в состоянии здоровья населения достаточно актуальна для промышленно развитых территорий Республики Башкортостан (РБ). Наибольший вклад в загрязнение источников питьевого водоснабжения РБ вносят предприятия топливно-энергетического, горнорудного и агропромышленного комплексов [5, 6]. При этом с учетом экономической специализации территорий качественный состав и интенсивность загрязнения питьевых вод имеют свои специфические особенности. Количество населения, употребляющего питьевую воду, не соответствующую гигиеническим нормативам по содержанию железа, марганца, нитратов, в 2015 г. составило около 168 тыс. человек [7].

Цель исследования: оценка качества питьевой воды систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения и определение существующего риска здоровью населения промышленных территорий РБ с последующей разработкой гигиенических рекомендаций и мероприятий по оптимизации условий водопользования.

Материал и методы исследований

Исследования проводились с учетом сложившейся экономической специализации территорий и уровня техногенной нагрузки основных источников загрязнения на водные объекты РБ. При этом за основу был выбран принцип разделения территорий республики на семь социально-экономических регионов (подрайонов): центральный, южный, западный, северо-западный, северный, северо-восточный и уральский [8].

Качество питьевой воды оценивали по результатам исследований лабораторий Управления Роспотребнадзора по РБ, Центра гигиены и эпидемиологии в РБ, МУП "Межрайкоммунводоканал" РБ за период 2010—2016 гг.

Расчеты и анализ риска для здоровья населения, проживающего на исследуемых территориях,

проводились в соответствии с Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду Р 2.1.10.1920-04 [9].

Статистическая обработка полученных данных проводилась с помощью пакета прикладных программ MS Excel XP. Для оценки экспозиции качества питьевой воды при определении канцерогенных и неканцерогенных эффектов проведен расчет средних концентраций с 95 %-ной вероятностной обеспеченности.

Результаты исследований и их обсуждение

Основной причиной несоответствия питьевой воды гигиеническим нормативам в РБ является природное повышенное содержание железа, марганца, солей жесткости в воде подземных источников водоснабжения, а также антропогенное загрязнение водоисточников нитратами. Кроме того, загрязнение питьевой воды может происходить в процессе транспортировки воды в связи с изношенностью водопроводных сетей [7].

Обобщение имеющихся данных качества воды источников систем централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения по отдельным административным районам и городам позволило определить усредненные максимальные концентрации загрязняющих веществ в совокупности по отдельным социально-экономическим регионам РБ.

Как свидетельствуют материалы расчетов, среднее содержание максимальных концентраций железа и показателей жесткости в питьевой воде на территориях северо-восточного, западного, северного и северо-западного регионов РБ не соответствует существующим гигиеническим требованиям. Содержание кремния, магния, стронция и нитратов приближается к предельно допустимому уровню на территориях западного, южного, северо-восточного и северо-западного регионов РБ. В воде отдельных регионов обнаруживается присутствие (на уровне ПДК) цинка, меди, свинца, хрома, кадмия, мышьяка и др. Кроме того, в питьевой воде в "следовых" количествах присутствуют и хлорорганические соединения — продукты обеззараживания воды хлорсодержащими дезинфицирующими средствами.

Известно, что даже при содержании загрязняющих веществ в питьевой воде ниже гигиенических нормативов при комбинированном воздействии могут возникать различные неканцерогенные эффекты, особенно при воздействии на критические органы и системы. Кроме того, вещества,

обладающие канцерогенными свойствами, характеризуются беспороговым действием, т. е. могут вызвать канцерогенный эффект даже в концентрациях гораздо ниже гигиенических регламентов.

Полученные результаты оценки неканцерогенного риска, связанного с использованием питьевой воды централизованного водоснабжения, свидетельствуют о том, что для населения исследуемых территорий существует опасность развития патологических изменений со стороны сердечно-сосудистой системы — ССС (индекс опасности НИ составил до 6,42), системы крови (НИ — до 2,09), иммунной системы (НИ — до 5,583), желудочно-кишечного тракта — ЖКТ (НИ — до 5,930), почек (НИ — до 1,010), нервной системы (НИ — до 5,570), центральной нервной системы — ЦНС (НИ — до 5,783), костной системы (НИ — до 1,500), зубов (НИ — до 1,330), кожи (НИ — до 5,693) (табл. 1). Основными компонентами, формирующими повышенные риски, являются: мышьяк (коэффициент опасности (НҚ) составил до 5,55), нитраты (НҚ до 1,80), шестивалентный хром (НҚ до 0,33), кальций и фтор (НҚ — до 1,30), стронций (НҚ — до 0,50), свинец, медь, железо (НҚ — до 0,20).

Патологическим изменениям со стороны иммунной системы наиболее подвержено детское население уральского (НИ = 5,583), центрального (НИ = 1,143), уральском (НИ = 0,923), западного (НИ = 1,021), северо-западного (НИ = 1,143), северного (НИ = 1,124), северо-восточного (НИ = 1,143) регионов. Кроме того, в уральском регионе существует значимый риск и для взрослого населения (НИ = 3,591). Вклад в формирование этих рисков вносят мышьяк, пентахлорфенол, ртуть.

Результаты расчетов показали, что заболеваниями со стороны желудочно-кишечного тракта также наиболее подвержено детское население: в центральном регионе индекс опасности составил 1,324, уральском — 5,930, южном — 1,323, западном — 1,300, северо-западном — 1,494, северном — 1,370, северо-восточном — 1,140; исключение составляет только уральский регион, где повышенный риск существует и для взрослого населения (НИ = 3,815). Неканцерогенный риск обусловлен присутствием в воде мышьяка, шестивалентного хрома, бериллия, меди, никеля и формальдегида.

При совместном присутствии в питьевой воде веществ — кальция, хрома, кадмия, хлороформа, пентахлорфенола, тетрахлорметана, трихлорэтилена, ртути, молибдена, нефтепродуктов, формальдегида, пестицида 2,4Д даже в незначительном количестве, создается повышенный уровень

риска поражения почек. Так, на территориях центрального, западного и уральского регионов РБ индексы опасности для детского контингента составили от 0,905 до 1,010.

Вероятное неблагоприятное воздействие на центральную нервную систему выявлено практически на всей территории исследований. В центральном регионе уровень риска составил для взрослого населения — 1,000, а для детей — 1,551, в уральском — 3,719 и 5,783 соответственно. В южном, западном, северо-западном, северном и северо-восточном регионах повышенные значения индексов опасности (НИ = 1,330...1,407) получены только по детским дозам расчетного поступления мышьяка, свинца, хлороформа, пентахлорфенола, трихлорэтилена, бензола, ртути, марганца, алюминия, формальдегида.

Совместное присутствие в воде мышьяка и свинца, согласно расчетам, также может оказать неблагоприятное воздействие на организм детского населения изучаемых территорий со стороны нервной системы — значения индексов опасности составило от 0,913 в южном регионе, до 5,570 в уральском.

В южном регионе присутствие в воде стронция и фтора обуславливает достаточно значимый риск неканцерогенного действия на костную систему (для взрослого населения НИ = 0,970, для детского НИ = 1,500). Кроме того, повышенное содержание в воде фтора способствует риску заболеваний зубов детей.

Необходимо отметить и наиболее значимые показатели неканцерогенного риска в отношении заболеваний кожи детского контингента. Так, совместное содержание в воде мышьяка, трихлорэтилена и железа создают повышенные индексы опасности в центральном регионе — 1,232, южном — 1,013, западном — 1,061, северо-западном — 1,262, северном — 1,242, уральском — 5,693.

На территории исследуемых регионов значения суммарных канцерогенных рисков, связанных с содержанием в питьевой воде централизованного водоснабжения канцерогеноопасных веществ для взрослого контингента, составили от $2,1E-04$ до $9,4E-04$, что в соответствии с Р 2.1.10.1920-04 [4] относится к третьему диапазону (неприемлемый уровень риска для населения). Для детского населения значения суммарного канцерогенного риска составили от $5,7E-05$ (приемлемый уровень) до $2,9E-04$ (неприемлемый уровень).

Наиболее высокий суммарный индивидуальный канцерогенный риск рассчитан на территории уральского региона и составил: для взрослого населения $9,4E-04$, для детского населения $2,9E-04$ (табл. 2).



Таблица 1

Неканцерогенный риск (индексы опасности НИ), связанный с использованием питьевой воды централизованного водоснабжения для взрослого и детского населения, проживающего на отдельных территориях социально-экономических регионов РФ

Органы и системы	Центральный		Южный		Западный		Северо-западный		Северный		Северо-восточный		Уральский	
	взр.	дет.	взр.	дет.	взр.	дет.	взр.	дет.	взр.	дет.	взр.	дет.	взр.	дет.
ЦНС	1,000	1,551	0,731	1,141	0,884	1,390	0,868	1,355	0,901	1,407	0,852	1,330	3,719	5,783
Нервная система	0,734	1,147	0,585	0,913	0,690	1,090	0,720	1,125	0,711	1,112	0,719	1,123	3,582	5,570
Печень	0,269	0,546	0,435	0,680	0,416	0,644	0,413	0,630	0,333	0,510	0,246	0,373	0,397	0,625
Почки	0,572	0,952	0,514	0,800	0,650	1,010	0,386	0,595	0,432	0,665	0,274	0,426	0,578	0,905
ЖКТ	0,842	1,324	0,846	1,323	0,827	1,300	0,964	1,494	0,884	1,370	0,800	1,140	3,815	5,930
ССС	1,002	1,563	1,445	2,243	1,731	2,717	0,872	1,353	0,755	1,183	0,882	1,373	4,132	6,423
Система крови	0,386	0,545	0,918	1,420	1,335	2,090	0,229	0,346	0,075	0,270	0,270	0,410	0,610	0,950
Кровь	0,222	0,237	0,035	0,054	0,036	0,055	0,040	0,064	0,035	0,054	0,043	0,067	0,036	0,056
Кровь (МетНб)	0,0026	0,004	0,0013	0,002	0,002	0,0033	0,0026	0,004	0,002	0,0033	0,0003	0,0005	0,0008	0,0013
Иммунная система	0,731	1,143	0,591	0,923	0,650	1,021	0,731	1,143	0,790	1,124	0,731	1,143	3,591	5,583
Поджелудочная железа	0,012	0,019	0,012	0,019	0,012	0,019	0,012	0,019	0,012	0,019	0,012	0,019	0,012	0,019
Гормональная система	0,213	0,383	0,090	0,140	0,263	0,415	0,081	0,125	0,207	0,320	0,080	0,123	0,083	0,130
Костная система	0,340	0,530	0,970	1,500	0,430	0,680	0,390	0,600	0,404	0,630	0,230	0,350	0,223	0,353
Биохимия	0,217	0,342	0,135	0,204	0,326	0,509	0,085	0,130	0,055	0,086	0,049	0,075	0,154	0,243
Процессы развития	0,102	0,160	0,093	0,144	0,200	0,311	0,090	0,140	0,080	0,123	0,090	0,134	0,091	0,141
Репродуктивная система	0,038	0,060	0,029	0,045	0,191	0,300	0,024	0,037	0,072	0,112	0,023	0,035	0,026	0,042
Слизистые оболочки	0,100	0,162	0,219	0,343	0,183	0,281	0,113	0,172	0,100	0,152	0,083	0,123	0,231	0,363
Рак	0,071	0,110	0,007	0,011	0,007	0,011	0,007	0,011	0,007	0,011	0,007	0,011	0,007	0,011
Кожа	0,795	1,232	0,650	1,013	0,674	1,061	0,810	1,262	0,795	1,242	0,855	1,330	3,662	5,693
Зубы	0,230	0,360	0,860	1,330	0,170	0,270	0,060	0,090	0,340	0,530	0,150	0,230	0,170	0,270
Масса тела	0,004	0,007	0,017	0,026	0,013	0,020	0,004	0,007	0,004	0,007	0,004	0,007	0,004	0,007

Уровни канцерогенного риска для взрослого и детского населения, обусловленного содержанием в питьевой воде канцерогенноопасных веществ, на отдельных территориях социально-экономических регионов РФ

№ п/п	Вещества, обладающие канцерогенным действием	Центральный		Южный		Западный		Северо-западный		Северный		Северо-восточный		Уральский	
		взр.	дет.	взр.	дет.	взр.	дет.	взр.	дет.	взр.	дет.	взр.	дет.	взр.	дет.
1	Свинец	1,7E-06	5,2E-07	1,0E-06	3,2E-07	8,5E-06	2,7E-06	7,0E-06	2,2E-06	8,5E-08	2,7E-08	6,1E-06	1,9E-06	8,5E-06	2,7E-06
2	Хром (VI)	7,6E-05	2,4E-05	1,9E-04	5,9E-05	1,3E-04	4,1E-05	7,6E-05	2,4E-05	7,6E-05	2,4E-05	7,6E-06	2,4E-06	1,9E-04	5,9E-05
3	Бенз(а)пирен	1,3E-07	4,2E-08	1,3E-08	4,2E-09	1,3E-07	4,2E-08	1,3E-07	4,2E-08	1,3E-07	4,2E-08	1,3E-07	4,2E-08	1,3E-07	4,2E-08
4	Кадмий	6,8E-07	2,2E-07	9,9E-07	3,0E-07	2,1E-06	6,5E-07	6,8E-07	2,2E-07	6,8E-06	2,2E-06	6,8E-07	2,2E-07	6,8E-07	2,2E-07
5	Мышьяк	1,4E-04	4,2E-05	1,1E-04	3,4E-05	1,1E-04	3,4E-05	1,4E-04	4,2E-05	1,4E-04	4,2E-05	1,4E-04	4,2E-05	6,9E-04	2,1E-04
6	Хлороформ*	2,0E-06	6,1E-07	6,7E-07	2,1E-07	6,7E-07	2,1E-07	6,7E-07	2,1E-07	6,7E-07	2,1E-07	6,7E-07	2,1E-07	6,7E-07	2,1E-07
7	Бромдихлорметан*	4,5E-06	1,4E-06	4,5E-06	1,4E-06	4,5E-06	1,4E-06	4,5E-06	1,4E-06	4,5E-06	1,4E-06	4,5E-06	1,4E-06	4,5E-06	1,4E-06
8	Дибромхлорметан*	2,3E-05	7,2E-06	2,3E-05	7,2E-06	2,3E-05	7,2E-06	2,3E-05	7,2E-06	2,3E-05	7,2E-06	2,3E-05	7,2E-06	2,3E-05	7,2E-06
9	Пентахлорфенол*	1,1E-05	3,4E-06	1,1E-05	3,4E-06	1,1E-05	3,4E-06	1,1E-05	3,4E-06	1,1E-05	3,4E-06	1,1E-05	3,4E-06	1,1E-05	3,4E-06
10	Тетрахлорметан*	4,8E-07	1,4E-07	4,8E-07	1,4E-07	4,8E-07	1,4E-07	4,8E-07	1,4E-07	4,8E-07	1,4E-07	4,8E-07	1,4E-07	4,8E-07	1,4E-07
11	Трихлорэтилен*	1,0E-07	3,1E-08	1,0E-07	3,1E-08	1,0E-07	3,1E-08	1,0E-07	3,1E-08	1,0E-07	3,1E-08	1,0E-07	3,1E-08	1,0E-07	3,1E-08
12	Пестицид 2.4 Д	7,0E-07	2,1E-07	7,0E-07	2,1E-07	7,0E-07	2,1E-07	7,0E-07	2,1E-07	7,0E-07	2,1E-07	7,0E-07	2,1E-07	7,0E-07	2,1E-07
13	Бензол	5,1E-06	1,5E-06	5,1E-07	1,5E-07	5,1E-07	1,5E-07	5,1E-07	1,5E-07	5,1E-07	1,5E-07	5,1E-07	1,5E-07	5,1E-07	1,5E-07
14	Бериллий	7,7E-06	2,4E-06	7,7E-06	2,4E-06	7,7E-06	2,4E-06	7,7E-06	2,4E-06	7,7E-06	2,4E-06	7,7E-06	2,4E-06	7,7E-06	2,4E-06
Суммарный индивидуальный канцерогенный риск		2,7E-04	8,4E-05	3,5E-04	1,1E-04	3,0E-04	5,7E-05	2,7E-04	8,4E-05	2,7E-04	8,3E-05	2,1E-04	6,2E-05	9,4E-04	2,9E-04
Популяционный канцерогенный риск (число дополнительных фоновых случаев)**		336	24	255	19	174	8	14	4	24	2	20	1	320	23

* Вещества присутствуют в питьевой воде, подвергавшейся обеззараживанию (хлорированию);

** При численности населения в центральном регионе: взрослое — 1 245 456 человек, детское — 292 144 человек; южном — 727 542 и 170 658; западном — 580 689 и 136 211; северо-западном — 221 535 и 51 965; северном — 88 452 и 20 748; северо-восточном — 93 879 и 22 021; уральском — 340 767 человек и 79 933 человек соответственно.





Таблица 3

Приоритетные загрязнители источников системы централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения на отдельных территориях социально-экономических регионов РБ

Социально-экономические регионы РБ	Приоритетные показатели
Центральный	Мышьяк, хром шестивалентный, кадмий, бензол, бериллий, свинец, ртуть, железо, марганец, нитраты, кальций, пентахлорфенол*, хлороформ*, бромдихлорметан*, дибромхлорметан*, жесткость, сульфаты, хлориды
Южный	Хром шестивалентный, мышьяк, фтор, стронций, ртуть, свинец, кремний, железо, марганец, нитраты, пентахлорфенол*, хлороформ*, бромдихлорметан*, дибромхлорметан*, жесткость, сульфаты, хлориды
Западный	Мышьяк, хром шестивалентный, свинец, кальций, нефтепродукты, стронций, сероводород, нитраты, железо, марганец, пентахлорфенол*, хлороформ*, бромдихлорметан*, дибромхлорметан*, жесткость, сульфаты, хлориды
Северо-западный	Мышьяк, хром шестивалентный, свинец, нефтепродукты, стронций, сероводород, нитраты, жесткость, сульфаты, хлориды, пентахлорфенол*, хлороформ*, бромдихлорметан*, дибромхлорметан*, жесткость, сульфаты, хлориды
Северный	Мышьяк, хром шестивалентный, свинец, нитраты, пентахлорфенол*, хлороформ*, бромдихлорметан*, дибромхлорметан*, железо, жесткость, сульфаты, хлориды, марганец
Северо-восточный	Мышьяк, хром шестивалентный, свинец, нитраты, пентахлорфенол*, хлороформ*, бромдихлорметан*, дибромхлорметан*, железо, марганец, жесткость, сульфаты, хлориды
Уральский	Мышьяк, хром шестивалентный, железо, медь, никель, марганец, алюминий, нитраты, цинк, кальций, пентахлорфенол*, хлороформ*, бромдихлорметан*, дибромхлорметан*, жесткость, сульфаты, хлориды

* Вещества, которые могут присутствовать в питьевой воде, подвергающейся обеззараживанию (хлорированию)

Канцерогенные риски обусловлены в первую очередь экспозицией мышьяка (максимальные значения для взрослого населения до $6,9E-04$, для детского — $2,1E-04$), шестивалентного хрома $1,9E-04$, дибромхлорметана $2,3E-05$, пентахлорфенола $1,1E-05$, свинца $8,5E-06$, бромдихлорметана $4,5E-06$, хлороформа $2,0E-06$.

Следует отметить, что существенный вклад в суммарные величины канцерогенного риска при пероральном пути поступления вносят ряд хлор- и броморганических соединений, образующихся в процессе обеззараживания (хлорирования) природной воды: пентахлорфенол, хлороформ, бромдихлорметан, дибромхлорметан.

Уровни популяционных канцерогенных рисков для населения отдельных территорий РБ составили: в центральном регионе для взрослого населения — 336, для детского населения — 24 дополнительных к фоновым случаев, южном — 255 и 19, западном — 174 и 8, северо-западном — 14 и 4, северном — 24 и 2, северо-восточном — 20 и 1, уральском — 320 и 23 соответственно. Данные величины популяционных канцерогенных рисков

отражают дополнительное (к фоновому) число случаев злокачественных новообразований, способных возникнуть на протяжении всей жизни (70 лет) вследствие воздействия содержащихся в питьевой воде канцерогеноопасных соединений.

Заключение

Полученные результаты согласуются с материалами Минздрава РБ, анализ которых свидетельствует, что наиболее неблагоприятные показатели по онкологической заболеваемости регистрируются в южном, западном и уральском регионах.

Проведенные исследования позволили обосновать перечень приоритетных загрязнителей источников водоснабжения на отдельных территориях социально-экономических регионов РБ (табл. 3).

Результаты рассмотренного исследования позволили разработать и предложить к внедрению в систему Роспотребнадзора комплекс санитарно-гигиенических рекомендаций, направленных на оптимизацию условий водопользования и снижение заболеваемости населения РБ. Полученные

результаты позволят обеспечить практическое совершенствование региональной системы государственного санитарно-эпидемиологического надзора в области водоснабжения населения, повысить медико-социальную эффективность разработанных профилактических мероприятий, обеспечить обоснованность принятия управленческих решений по созданию безопасных условий питьевого водоснабжения жителей отдельных территорий Башкортостана.

Список литературы

1. Клейн С. В., Вековщина С. А., Сбоев А. С. Приоритетные факторы риска питьевой воды и связанный с этим экономический ущерб // Гигиена и санитария. — 2016. — № 95 (1). — С. 10—14.
2. Рахманин Ю. А., Красовский Г. Н., Егорова Н. А., Михайлова Р. И. 100 лет законодательного регулирования качества питьевой воды. Ретроспектива, современное состояние и перспективы // Гигиена и санитария. — 2014. — № 93 (2). — С. 5—18.
3. Тулакин А. В., Сайфутдинов М. М., Горшкова Е. Ф., Росоловский А. П. Гигиенические проблемы обеспечения гигиенической надежности питьевого водопользования // Гигиена и санитария. — 2007. — № 3. — С. 27—30.
4. Эльпинер Л. И. Медико-экологические аспекты кризиса питьевого водоснабжения // Гигиена и санитария. 2013. — № 6. — С. 38—45.
5. Бакиров А. Б., Сулейманов Р. А., Егорова Н. Н., Валеев Т. К. Гигиеническая характеристика водоснабжения сельского населения в нефтедобывающих районах Республики Башкортостан. — Уфа: Гилем, Башкирская энциклопедия, 2014. — 136 с.
6. Оценка риска здоровью населения горнорудных территорий Башкортостана, связанного с качеством питьевого водоснабжения / Р. А. Сулейманов, А. Б. Бакиров, Т. К. Валеев и др. // Анализ риска здоровью. — 2016. — № 4 (16). — С. 64—71.
7. Материалы к государственному докладу "О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2015 году по Республике Башкортостан". — Уфа: Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Республике Башкортостан, Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения "Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Башкортостан". — 2016. — 291 с.
8. Исянбаев М. Н. Экономические подрайоны Республики Башкортостан: приоритетные направления социально-экономического развития. — Уфа: Гилем, 2008. — С. 62.
9. Р 2.1.10.1920-04. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. — М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. — 143 с.

T. K. Valeev, Senior Researcher of Department, e-mail: valeevtk2011@mail.ru,
R. A. Sulejmanov, Head of Department, Z. B. Baktybaeva, Senior Researcher of Department,
N. N. Egorova, Leading Researcher of Department, R. A. Daukaev, Head of Department,
N. R. Rakhmatullin, Senior Researcher of Department, Ufa Research Institute
of Occupational Health and Human Ecology

Ecological-Hygienic Assessment of the Risk to Public Health of the Republic of Bashkortostan, due to the Quality of Drinking Water

The article presents the results of the analysis of drinking water quality of centralized drinking water supply, assess the carcinogenic and non-carcinogenic health risks on the territory of the industrial-developed region.

The aim of the study was to assess the quality of drinking water and the possible impact on the health of the population of certain territories of the Republic of Bashkortostan and substantiation of a complex of organizational-methodical actions for improving the surveillance of drinking water.

It is established that areas with poor quality sources of drinking water and, as a consequence, a higher level of risk to public health, are separate areas of southern, central, ural and western regions of the Republic of Bashkortostan. For the inhabitants of these territories there is an increased likelihood of developing pathological changes in the cardiovascular, immune, central nervous systems, blood system, gastrointestinal tract. The highest total individual carcinogenic risk that is associated with the content in potable water carcinogenous compounds designed on the territory of the ural region and amounted to: for the adult population of 9.4 E-04 for children's population — 2.9 E-04. Carcinogenic risks due primarily to exposure of arsenic, sixth valence chromium, dibromchlormethane, pentachlorophenol, lead. The population levels of carcinogenic risk for population of



certain territories of the republic were as follows: in the central region adults — 336, for children's population — 24 additional cases, south — 255 and 19, west of 174, and 8 north-west — 14 and 4, north — 24 and 2, north-east 20 and 1, ural — 320 and 23, respectively. The conducted research allowed to substantiate scientifically the priority indicators of sources of centralized and decentralized water supply in certain territories of the Republic of Bashkortostan, the presence of which in the greatest degree dangerous to the health of the population.

Keywords: drinking water, chemical substances, levels of carcinogenic and non-carcinogenic risks, population health, morbidity, quality of water, pollution, hygiene standards, regions, areas

References

1. Klejn S. V., Vekovshinina A. S., Sboev S. A. Prioritetnye faktory riska pit'evoy vody i svjazannyj s jeti jekonomicheskij ushherb. *Gigiena i sanitarija*. 2016. No. 95 (1). P. 10—14.
2. Rahmanin Ju. A., Krasovskij G. N., Egorova N. A., Mihajlova R. I. 100 let zakonodatel'nogo regulirovanija kachestva pit'evoy vody. Retrospektiva, sovremennoe sostojanie i perspektivy. *Gigiena i sanitarija*. 2014. No. 93 (2). P. 5—18.
3. Tulakin A. V., Sajfutdinov M. M., Gorshkova E. F., Rosolovskij A. P. Gigienicheskie problemy obespechenija gigienicheskoj nadezhnosti pit'evogo vodopol'zovanija. *Gigiena i sanitarija*. 2007. No. 3. P. 27—30.
4. Jel'piner L. I. Mediko-jekologicheskie aspekty krizisa pit'evogo vodosnabzhenija. *Gigiena i sanitarija*. 2013. No. 6. P. 38—45.
5. Bakirov A. B., Sulejmanov R. A., Egorova N. N., Valeev T. K. Gigienicheskaja harakteristika vodosnabzhenija sel'skogo naselenija v nefte dobyvajushhijh rajonah Respubliki Bashkortostan. Ufa: Gilem, Bashkirskaia jenciklopedija, 2014. — 136 p.
6. Ocenka riska zdorov'ju naselenija gornorudnyh territorij Bashkortostana, svjazannogo s kachestvom pit'evogo vodosnabzhenija. Sulejmanov R. A., Bakirov A. B., Valeev T. K. i dr. *Analiz riska zdorov'ju*. 2016. No. 4 (16). P. 64—71.
7. Materialy gosudarstvennomu dokladu "O sostojanii sanitarno-jepidemiologicheskogo blagopoluchija naselenija v Rossijskoj Federacii v 2015 godu po Respublike Bashkortostan". Ufa: Upravlenie Federal'noj sluzhby po nadzoru v sfere zashhity prav potrebitelej i blagopoluchija cheloveka po Respublike Bashkortostan, Federal'noe bjudzhetnoe uchrezhdenie zdavoohranenija "Centr gigieny i jepidemiologii v Respublike Bashkortostan". 2016. 291 p.
8. Isjanbaev M. N. Jekonomicheskie podrajony Respubliki Bashkortostan: prioritetnye napravlenija social'no-jekonomicheskogo razvitija. Ufa: Gilem, 2008. 62 p.
9. P 2.1.10.1920-04. Rukovodstvo po ocenke riska dlja zdorov'ja naselenija pri vozdeystvii himicheskijh veshhestv, zagraznjajushhijh okruzhajushhiju sredu. Moscow: Federal'nyj centr Gossanjepidnadzora Minzdrava Rossii, 2004. 143 p.

*Настоящий номер журнала
подготовлен специалистами и учеными Республики Башкортостан*

Учредитель ООО "Издательство "Новые технологии"

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

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

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

Технический редактор Е. М. Патрушева. Корректор Н. В. Яшина

Сдано в набор 05.09.17. Подписано в печать 18.10.17. Формат 60 × 88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная. Заказ ВГ1117.

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