

# ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

Публикации для студентов, молодых ученых и научно-преподавательского состава на [www.t-nauka.ru](http://www.t-nauka.ru)

ISSN 2500-1132 Издательский дом "Плутон" [www.idpluton.ru](http://www.idpluton.ru)

## Выпуск №82

КЕМЕРОВО 2020

13 июля 2020 г.  
ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431  
ISSN 2500-1132  
УДК 378.001  
Кемерово

Журнал выпускается ежемесячно, публикует статьи по естественным наукам. Подробнее на [www.idpluton.ru](http://www.idpluton.ru)

За точность приведенных сведений и содержание данных, не подлежащих открытой публикации, несут ответственность авторы.

Редкол.:

Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала

Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей

Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей

Зими́на Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей

Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инженерно-строительный институт (НамМПИ)

Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И. Платова,

Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении

Шушлебін Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета

Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими

Крутякова Маргарита Викторовна – доцент, кандидат технических наук, Московский политехнический университет

Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища

Моногаров Сергей Иванович - кандидат технических наук доцент Армавирского механико-технологического института (филиал) ФГОУ ВО КубГТУ

Шевченко Сергей Николаевич - кандидат технических наук, доцент кафедры СЭУ, Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота РФ

Отакулов Салим - Доктор физико-математических наук, профессор кафедры высшей математики Джизакского политехнического института

А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Естественнонаучный журнал «Точная наука», входящий в состав «Издательского дома «Плутон», был создан с целью популяризации естественных наук. Мы рады приветствовать студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников. Надеемся подарить Вам множество полезной информации, вдохновить на новые научные исследования.

Издательский дом «Плутон» [www.idpluton.ru](http://www.idpluton.ru) e-mail: [admin@idpluton.ru](mailto:admin@idpluton.ru)

Подписано в печать 13.07.2020 г. Формат 14,8×21 1/4. | Усл. печ. л. 2.2. | Тираж 500.

Все статьи проходят рецензирование (экспертную оценку).

Точка зрения редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых статей.

Авторы статей несут полную ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации.

Редакция не несет ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи.

При использовании и заимствовании материалов ссылка обязательна.

## Содержание

1. НЕФТЕПРОДУКТЫ И ИСТОЧНИКИ ИХ ПОСТУПЛЕНИЯ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	2
<b>Хачатрян О.М.</b>	
2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ ОБУСТРОЙСТВА ЦАРИЧАНСКОГО+ФИЛАТОВСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ .....	8
<b>Хачатрян О.М.</b>	
3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ ОБУСТРОЙСТВА ВОСТОЧНОГО УЧАСТКА ОРЕНБУРГСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	11
<b>Хусаинов Э.Г.</b>	
4. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА КОНТРОЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ .....	21
<b>Линник М.А.</b>	

**Хачатрян Оганес Манвелович**  
**Hkachatryan Oganesh Manvelovich**

Магистрант СамГТУ кафедры «Химическая технология и промышленная экология»

УДК 502.5

## **НЕФТЕПРОДУКТЫ И ИСТОЧНИКИ ИХ ПОСТУПЛЕНИЯ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

### **OIL PRODUCTS AND SOURCES OF THEIR ENVIRONMENT**

**Аннотация.** В настоящее время нефтепродукты являются одними из наиболее распространенных и токсичных веществ, на территориях, нарушенных в результате антропогенной деятельности. Угроза загрязнения окружающей среды сырой нефтью и продуктами её переработки стоит остро не только для нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих регионов, любой город может столкнуться с подобным загрязнением, поскольку хранение и транспортировка горюче-смазочных материалов, разливы нефти и нефтепродуктов в результате аварий, пожаров на нефтехранилищах и нефтеперегонных заводах распространены повсеместно.

**Annotation.** Currently, petroleum products are one of the most common and toxic substances in areas disturbed as a result of anthropogenic activities. The threat of environmental pollution by crude oil and its refined products is acute not only for oil producing and oil refining regions, any city may encounter such pollution, since the storage and transportation of fuels and lubricants, oil and oil products spills as a result of accidents, fires in oil storage and oil refineries factories are ubiquitous.

**Ключевые слова:** Нефть, нефтяные загрязнения, загрязнения окружающей среды, загрязнения почв, нефтяные выбросы в атмосферу.

**Key words:** Oil, oil pollution, environmental pollution, soil pollution, oil emissions into the atmosphere.

#### **Нефть и нефтепродукты**

Слово «нефть» происходит от арабского «нафата», что означает «извергать»

В 1859 г. американский предприниматель Э.Л. Дрейк пробурил в штате Пенсильвания первую скважину глубиной 21 м. Скважина имела дебит 4,8 т в сутки. Это официальная дата рождения нефтяной промышленности. В России первая скважина была пробурена на Кубани в 1864 г. глубиной 70 м, и имела дебит 36 т в сутки.

30-е гг. XX века стали для нашей страны периодом создания мощной сырьевой базы и развития добычи нефти и газа на Кавказе, в Бакинском и Грозненском районах и на Кубани. Были изысканы и выделены средства на геологоразведочные работы в Тимано-Печорском крае и Предуралье.

В послевоенные годы были созданы новые крупные базы добычи нефти и газа в Западной Сибири, Средней Азии, Предкавказье, Казахстане, Украине и Белоруссии. Начиная с 70-х гг., основными регионами по добыче нефти и газа в стране являются Западная Сибирь и Волго-Уральский регион.

Месторождение нефти и газа представляет собой одну или несколько залежей, приуроченных к ограниченной площади, генетически связанных между собой и обязанных происхождением общим геологическим факторам.

И.А. Еременко (1957) указывает, что «тектонические характеристики того или иного структурного элемента, контролирующего образование месторождения, прежде всего зависят от того, с каким крупным геоструктурным элементом земной коры связано формирование этого элемента». В связи с этим им выделяются месторождения платформ и месторождения складчатых областей.

Понятие «нефтепродукты» имеет два значения: техническое и аналитическое. В техническом значении нефтепродукты - это товарные сырые нефти, прошедшие первичную подготовку на промысле, и продукты переработки нефти, используемые в различных видах хозяйственной деятельности: авиационные и автомобильные бензины, реактивные, тракторные и осветительные керосины, дизельное топливо, мазуты, растворители, смазочные масла, гудроны, нефтяные битумы и другие нефтепродукты (парафин, нефтяной кокс, присадки, нефтяные кислоты и т.п.).

В аналитическом значении к нефтепродуктам относят неполярные и малополярные

углеводороды, растворимые в гексане и не сорбирующиеся оксидом алюминия .

Происхождение нефти и газа стали изучать еще до возникновения нефтяной промышленности. Выяснение генезиса нефти и газа имеет не только теоретическое, но и большое практическое значение.

О генезисе нефти и газа нет единого мнения. Общепринятой является теория органического происхождения нефти, но существуют гипотезы и о неорганическом генезисе нефти.

Такие ученые как И.М. Губкин, Г.Гефер, К.Энглер, Н.Д.Зелинский и др. являются сторонниками органической, биогенной теории нефтеобразования, в основе которой лежит представление о происхождении нефти из биогенного органического вещества подводных (субаквальных) осадочных отложений. Этот процесс, по мнению сторонников органической теории, носит стадийный характер. Нефть представляет собой продукт превращения органического вещества - жидкую (в своей основе) гидрофобную фазу продуктов фоссилизации (захоронения) органического вещества (керогена) в водно-осадочных отложениях.

Однако, существуют гипотеза о неорганическом генезисе нефти, сторонниками которой являются М.Бертло, Д.И.Менделеев, Н.А. Кудрявцев, В.Б. Порфирьев, П.Н. Кропоткин и др. На неорганическое происхождение нефти по их мнению указывает тот факт, что многие открытые месторождения нефти сконцентрированы в окраинах горно-складчатых сооружений, линейно вытянуты, тяготеют к зонам крупных разломов. Через эти разломы вода проникает вглубь Земли, вступает в реакцию с углеродистыми металлами - с карбидами металлов, в результате чего возникает нефть, которая поднимается вверх, образует залежи



Этот процесс, по Д.И. Менделееву, происходил не только в прошлые геологические периоды, но и происходит сейчас .

Также известна космическая теория происхождения нефти . Автор этой теории русский геолог Н.А.Соколов выдвинул её в 1892 г. Он считал, что углеводороды изначально существовали в первозданном веществе Земли или образовались на ранних высокотемпературных стадиях её образования. С охлаждением Земли нефть поглощалась и растворялась в жидкой расплавленной магме. Впоследствии, когда возникла земная кора, из магмы выделились углеводороды, которые по трещинам в земной коре поднимались в верхние части, сгущались и там образовали скопления.

Н.А. Соколов в качестве аргумента своей теории принял факты обнаружения углеводородов в метеоритах.

Проанализировав теории можно сделать вывод, что на сегодня органическая теория происхождения нефти лучше аргументирована, чем неорганическая, но, все же, вопросы происхождения нефти, миграции, аккумуляции, формирования месторождений являются нерешенными, дискуссионными в силу наличия совершенно противоположных мнений.

### **Химические свойства нефти**

Основные химические элементы, из которых состоит нефть, углерод и водород. Содержание углерода в нефти (С) – 82–87 % и водорода (Н) – 11–14 %. Кроме того, в нефти присутствуют гетероэлементы – кислород (О) – 0,2–0,7 %, (содержит до 4 %), азот (N) – 0,1–0,3 %, (содержит до 2 %), сера (S) – 0,09–0,5 %, (содержит до 2 %), в небольших количествах встречаются фосфор, ванадий, никель, железо, алюминий и др.

В нефти присутствуют три основные группы углеводородов (УВ) :  
метановые или парафиновые; нафтеновые; ароматические (рисунок 1-4).

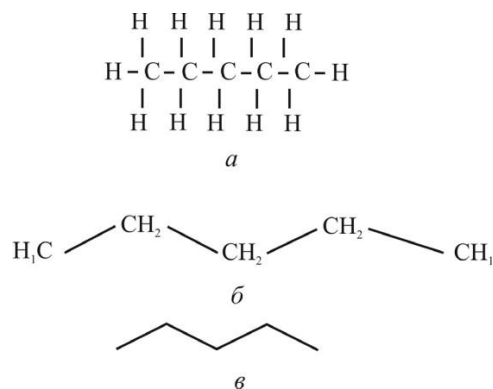


Рисунок 1 - Варианты изображения строения молекул пентана: а – структурная формула с указанием всех валентных связей, б – структурная формула связи между атомами углерода, в – упрощенная формула

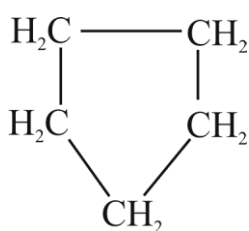


Рисунок 2 - Циклопентан

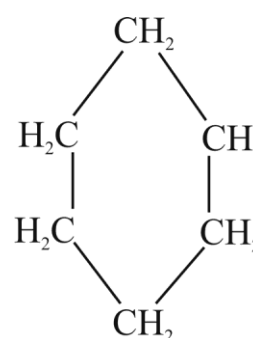


Рисунок 3 - Циклогексан

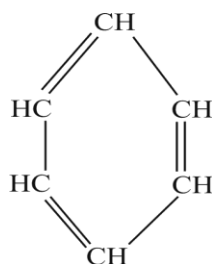


Рисунок 4 - Бензол

Групповой состав нефти определяет её химические и физические свойства. Ряд параметров используется при подсчёте запасов нефти и газа и проектировании систем разработки, транспортировки по нефтепроводам и т.д. Между содержанием гетероатомных соединений и плотностью нефтей наблюдается вполне закономерная зависимость: легкие нефти с высоким содержанием светлых фракций бедны гетеросоединениями и, наоборот, ими богаты тяжелые нефти. В распределении их по фракциям наблюдается также определенная закономерность: гетероатомные соединения концентрируются в высококипящих фракциях и остатках (рисунок 5)

Состав нефти в недрах (в весовых %).

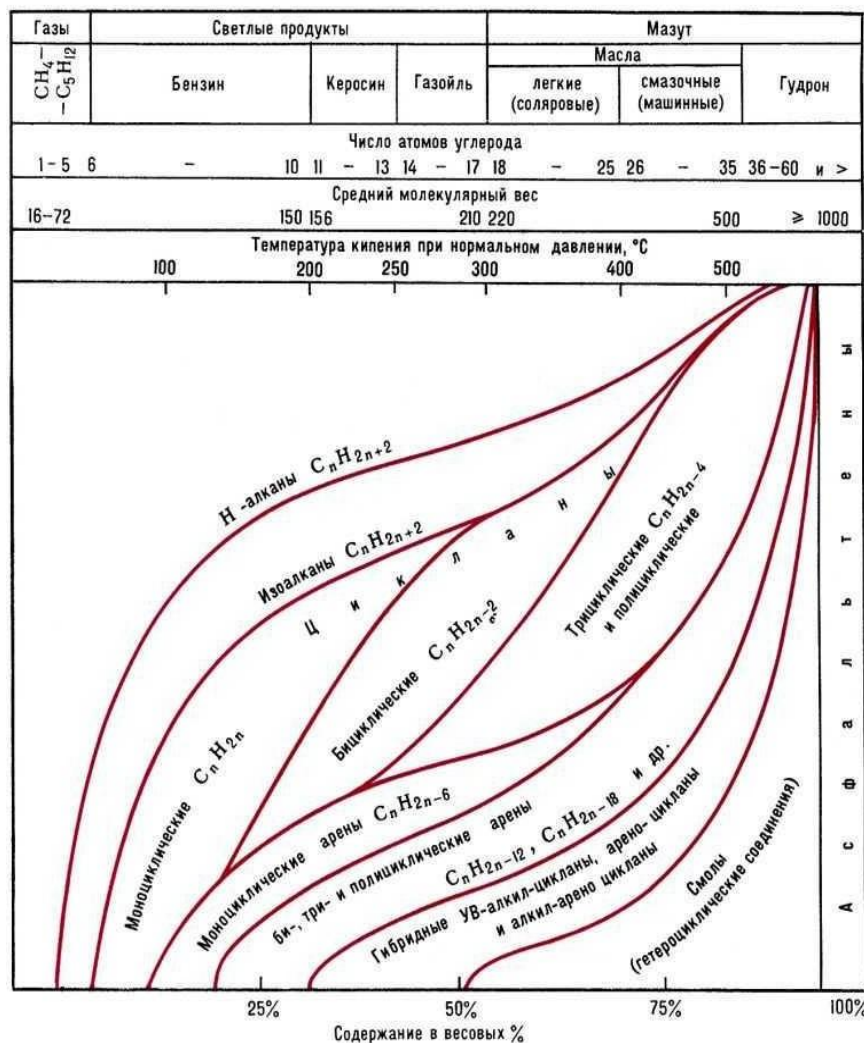


Рисунок 5 – Состав нефти в недрах (в весовых процентах %)

Во всех нефтях наряду с углеводородами имеется значительное количество соединений, включающих такие гетероатомы, как сера, азот и кислород. Содержание этих элементов зависит от возраста и происхождения нефти.

Содержание серы может составлять от 0,2 до 7,0%, кислорода в нефти содержится от 0,05 до 3,6%, а содержание азота не превышает 1,7%.

Серосодержащие соединения, как и кислородсодержащие соединения нефти, неравномерно распределены по ее фракциям. Обычно их содержание увеличивается с повышением температуры кипения. Однако в отличие от других гетероэлементов, содержащихся в основном в асфальто-смолистой части нефти, сера присутствует в значительных количествах в дистиллятных фракциях.

**Физические свойства нефтей**

Физические свойства нефти в первую очередь зависят от её плотности. Единицы измерения в системе СИ – кг/м<sup>3</sup>, в системе СГС – г/см<sup>3</sup>. Изменяется плотность в пределах от 0,70 до 1,04 г/см<sup>3</sup>. Обычно плотность нефти меньше 1 и колеблется в пределах 0,82 – 0,92 г/см<sup>3</sup>.

По плотности нефти классифицируются: на лёгкие (до 0,81 г/см<sup>3</sup>); средние (0,81 – 0,87 г/см<sup>3</sup>); тяжёлые (0,87 – 0,90 г/см<sup>3</sup>); очень тяжёлые (0,90 – 1,04 г/см<sup>3</sup>).

Вязкость нефти – свойство жидкости оказывать сопротивление перемещению её частиц при движении. Параметр вязкости имеет большое значение для установления характера и масштабов миграции, а также при разработке залежи и добычи нефти. Вязкость нефти меняется в широких пределах в основном от 0,1 до 2000 мПа·с.

Газонасыщенность (газосодержание) нефти – определяются количеством газа, растворённого в нефти в условиях залежи (формула 2).

$$\Gamma = V_{\Gamma} / V_{\text{пл. ус.}} \tag{2}$$

Единицы измерения  $\text{м}^3/\text{м}^3$  (от 30–500) .

Температура кипения углеводородов зависит от их строения. Чем больше атомов углерода входит в состав молекулы, тем выше температура кипения. Природная нефть содержит компоненты, выкипающие в широком интервале температур, – от 30 °С до 600°С. Фракции нефтей, выкипающие при температуре 60 °С, называются петролейным эфиром; до 200° – бензином; от 200 до 300 °С – керосином; от 300 до 400 °С – газойлями; от 400 до 500 °С – смазочными маслами; свыше 500 °С – асфальтами .

Температура застывания нефти зависит от её состава. Чем больше в ней твердых парафинов, тем выше температура застывания. Смолистые вещества оказывают противоположное влияние .

### Пути поступления нефти и нефтепродуктов в окружающую среду

Процессы добычи, транспортировки, хранения и переработки нефти и нефтепродуктов зачастую становятся источниками загрязнения окружающей среды, которое может приобретать катастрофические масштабы .

За последние годы участились разливы нефти при ее транспортировке по морю, рекам и железной дороге, при перевозке бензина автомобильным транспортом, при авариях на нефтепроводах, также окружающая среда загрязняется нефтью и нефтепродуктами при пожарах и диверсиях на трубопроводах, нефтехранилищах, нефтеперегонных заводах и предприятиях нефтехимии и др. В результате окружающая среда загрязняется нефтепродуктами, страдает животный мир, а попадание нефтепродуктов в питьевую воду непосредственно угрожает здоровью населения (рисунок 6).

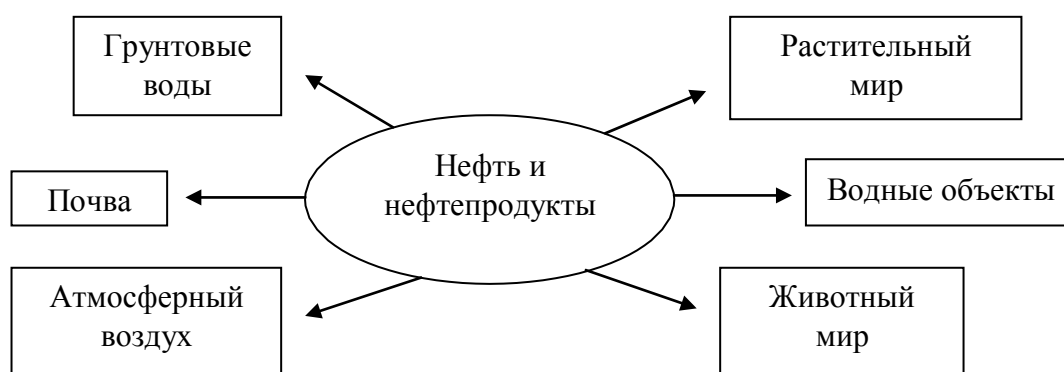


Рисунок 6 – Пути поступления нефти и нефтепродуктов в окружающую среду

Масштаб угрозы для жизни и здоровья населения страны возрастает с каждым днем, поскольку количество аварий, сопровождающихся значительными разливами нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации, ежегодно возрастает. Так, в 2011 году количество только официально зарегистрированных аварий составило более 20 тысяч .

### Классификация чрезвычайных ситуаций

В зависимости от объема и площади разлива нефти и нефтепродуктов на местности, во внутренних пресноводных водоемах, в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 21.08.2000 № 613 «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов» выделяются чрезвычайные ситуации следующих категорий : локального значения; муниципального значения; территориального значения; регионального значения; федерального значения.

Чрезвычайные ситуации, связанные с разливами нефти и нефтепродуктов на территории Уральского федерального округа, происходят преимущественно при добыче и транспортировке нефти и нефтепродуктов по трубопроводам .

В процессе освоения нефтяных месторождений и транспортировке нефтепродуктов оказывается активное воздействие на окружающую среду в пределах территорий самих месторождений, трасс линейных сооружений (промысловых и магистральных трубопроводов), а также в ближайших населенных пунктах (городах, поселках) .

В результате несовершенства технологий, других объективных и субъективных причин на всех этапах операций с нефтью и нефтепродуктами происходят отдельные аварии, приводящие к



разливам нефти и нефтепродуктов и загрязнению атмосферы, открытых водоемов, почвы и подземных вод, что, безусловно, изменяет состояние окружающей среды и, как следствие, снижает качество жизненного пространства населения и биоты. При этом в местах загрязнения происходит долговременное разрушение растительного и почвенного покровов.

Нефтегазодобывающая отрасль включает в себя целый спектр загрязнителей: нефть и нефтепродукты, сточные и пластовые воды, буровые растворы и ряд химических реагентов.

Ситуацию усугубляют аварии и разливы, которые происходят не только на кустовых площадках, но и на трубопроводах различного назначения: водоводах, внутрипромысловых и межпромысловых нефте- и газопроводах. К возможным причинам стабильно большого количества и объемов разливов нефти и нефтепродуктов, происходящих в результате аварий, следует отнести:

- изношенность основных фондов;
- неоперативное реагирование на аварии и происшествия и последующая несогласованность действий при локализации и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов;
- недостаточность, а порой и полное отсутствие сил и средств, необходимых для предупреждения разливов нефти и нефтепродуктов, своевременного реагирования на них, локализации и ликвидации последствий.

Таким образом, в результате аварий на трубопроводах, большинство которых происходит на внутри- и межпромысловых продуктопроводах, ежегодно наносится огромный вред окружающей среде округа, выражающийся в основном загрязнением земель, площадь которых ежегодно превышает объемы проводимых работ по рекультивации нарушенных земель.

Кроме того, необходимо отметить, что одним из основных Российских перевозчиков нефти и нефтепродуктов является железнодорожный транспорт. Среди грузов, отправляемых по российским железным дорогам, доля нефтепродуктов составляет около 20% (порядка 300 млн. т).

При этом, согласно данным Межведомственной комиссии по экологической безопасности России, около 30% аварийных ситуаций на железнодорожном транспорте связано с разливами нефтепродуктов. Перевозка нефтепродуктов на железнодорожном транспорте сопряжена с опасностью сходов подвижного состава, крушения, аварий, пожаров, взрывов, утечек опасных грузов и других происшествий, которые могут привести к гибели, ранению, массовым отравлениям людей, животных, нанесению экологического ущерба и материального урона.

#### **Библиографический список:**

1. Словарь по геологии и геохимии нефти и газа / К.А. Черникова // Л.: Недра, 1988. – 679 с.
2. Галкин В.И. Геология нефти и газа: учебно-методическое пособие / В.И. Галкин, О.Е. Кочнева // Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2011. – 113 с.
3. Бакиров Э.А. Геология нефти и газа / Э.А. Бакиров // М.: Недра, 1980. – 245 с.
4. Бакиров А.А. Геология и геохимия нефти и газа / А.А. Бакиров, М.В. Бордовская // М.: Недра, 1993. – 288 с.
5. Мстиславская Л.П. Геология, поиски и разведка нефти и газа: учеб. пособие./Л.П. Мстиславская, В.П. Филиппов // М.: ЦентрЛитНефте- Газ, 2005. – 199 с.

**Хачатрян Оганес Манвелович**  
**Hkachatryan Oganesh Manvelovich**

Магистрант СамГТУ кафедра «Химическая технология и промышленная экология»

УДК 502.5

## **СПОСОБЫ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ**

### **METHODS AND METHODS OF COMBATING THE POLLUTION OF THE ENVIRONMENT OF OIL AND OIL PRODUCTS**

**Аннотация.** На сегодняшний день наиболее широко применяемые для обезвреживания нефтезагрязненных почв способы очистки имеют ряд определенных недостатков: не происходит «утилизации» загрязняющих веществ, которые остаются практически в неизменном виде, либо в процессе обезвреживания осуществляется негативное воздействие на компоненты окружающей среды, биологический ущерб от которого в некоторых случаях оказывается больше, чем возможный от загрязнения нефтью.

**Annotation.** To date, the most widely used cleaning methods for neutralizing oil-contaminated soils have a number of certain disadvantages: there is no "disposal" of pollutants that remain almost unchanged, or in the process of neutralization a negative impact on environmental components is carried out, some of which may cause biological damage. There are more cases than possible from oil pollution.

**Ключевые слова:** нефть, нефтяные загрязнения, очистка нефти, способы очистки, физико-химический, механический и биологический.

**Key words:** oil, oil pollution, oil refining, purification methods, physicochemical, mechanical and biological.

Загрязнение почвы нефтью и нефтепродуктами приводит к интенсивной трансформации почвенно-геохимических процессов, происходит засоление,

гудронизация, отакиривание и т.д.. В связи с этим, разработка способов очистки почвы от загрязнения углеводородами нефти – одна из важнейших задач при решении проблемы снижения антропогенного воздействия на окружающую среду.

Рекультивация земель – это комплекс мероприятий, направленных на восстановление продуктивности и хозяйственной ценности нарушенных и загрязненных земель. Задача рекультивации – снизить содержание нефтепродуктов и находящихся с ними других токсичных веществ до безопасного уровня, восстановить продуктивность земель, утерянную в результате загрязнения. В настоящее время среди, наиболее широко распространенных, методов ликвидации нефтяных загрязнений почвы можно выделить механические, физико-химические и биологические методы.

Все работы, направленные на рекультивацию почв, загрязненных нефтью или НП, классифицируют на категории *EX SITU* и *IN SITU*. Технологии *EX SITU* включают в себя обязательное удаление почвы с определённого участка и последующую транспортировку её на площадку обработки и складирования. Изоляция и последующая обработка загрязненной почвы позволяет применять более сложные и эффективные методы обработки. Вместе с тем, подобные технологии не приемлемы при больших площадях загрязнения и труднодоступности участка. Кроме того, изъятие земель вызывает изменение морфологической структуры участка и может привести к нарушению течения поверхностных и подземных вод. Технологии *IN SITU* применяются непосредственно на месте загрязнения. В настоящей работе основное внимание будет уделено технологиям *IN SITU*.

#### **Механические методы**

Механическая очистка предусматривает сбор нефти и нефтепродуктов либо вручную, либо с помощью специальных машин и механизмов. Как правило, на первом этапе данного способа очистки производят локализацию пролитой нефти

путем создания с помощью бульдозера земляного вала около метра высотой. После этого, если позволяют местные условия, рядом с местом разлива нефти оборудуют котлован-отстойник, который устилают нефтенепроницаемой пленкой. Затем из места локализации нефть перекачивают в

котлован (который, как правило, обустривают ниже по уровню места разлива), а из него ее либо отправляют на товарный склад, либо направляют на дальнейшую переработку. Степень механической очистки может достигать 80%.

Для отделения нефти от загрязненной почвы могут быть использованы центрифуги, наиболее распространенными из которых в нашей стране являются центрифуги типа ОГШ-132 и ОГШ-502.

Таким образом, механические методы очистки позволяют осуществить сбор загрязненных компонентов окружающей среды, однако не решают проблемы очистки и утилизации самих загрязнений, которые остаются практически в неизменном виде.

#### **Физико-химические методы**

Физико-химические методы (диспергирование, гелеобразование, сорбция и др.) применяются для очистки от нефти как самостоятельно, так и в сочетании с другими способами (например, механическими). Широко используются сорбционные методы. В качестве сорбентов применяют природные и синтетические адсорбционные материалы органической и неорганической природы. Методы поверхностной очистки от нефтяных загрязнений с помощью сорбентов весьма перспективны, так как эти методы просты в осуществлении, экологически безопасны и позволяют в дальнейшем легко утилизировать собранные нефтепродукты.

Для сорбции нефти и нефтепродуктов могут применяться такие вещества, как: торф, торфяной мох, бурый уголь, кокс, рисовая шелуха, кукурузная лузга, солома, песок, резиновая крошка, активированный уголь, пемза, отходы текстильной промышленности и другие материалы.

Среди обширного класса сорбентов наиболее эффективными для удаления с поверхности органических загрязнителей являются искусственные сорбенты многократного пользования с высокоразвитой открыто-пористой структурой. К таким материалам относится, например, сорбент, созданный на основе карбамидного олигомера, специальным способом вспененного и превращенного в поропласт с высокоразвитой межфазной поверхностью, который обладает отличными олеофильными свойствами, высокой сорбционной способностью, 1 грамм такого сорбента может поглощать до 60 г нефти и нефтепродуктов; скорость сорбирования зависит от плотности сорбента и вязкости нефтепродукта и составляет от нескольких минут до 1-2 часов. Сорбент позволяет путем отжима извлекать до 97 % собранного нефтепродукта с целью его дальнейшей утилизации.

К минеральным сорбентам относятся перлит, вермикулит, цеолит и др. Для улучшения сорбционных свойств, как правило, их модифицируют. Так, обработанный кремнийорганическими соединениями перлит эффективно собирает нефть в концентрации от 6 до 9 г/кг. По отношению к легким нефтепродуктам сорбционная емкость гидрофобизированного базальтового волокна достигает 50-60 г/кг. Эти сорбенты рекомендовано использовать для ликвидации нефтяных пленок с водных поверхностей.

Твердые синтетические полимерные сорбенты (пенополиуретан, различные смолы) состоят из частиц, содержащих открытые поверхностные поры, которые способны удерживать углеводороды, и закрытые внутренние поры, придающие частицам хорошую плавучесть. Такие сорбенты не поглощают воду, но способны поглотить 2-5-кратный объем углеводородов.

Существуют составы, облегчающие удаление нефти и нефтепродуктов с поверхности водоемов с помощью механических приспособлений, сорбентов или другими способами. Для этого используют собиратели на основе поверхностно- активных веществ (ПАВ), которые концентрируют и удерживают нефтяную пленку на минимальной площади, увеличивая ее толщину. При нанесении на

нефтяную пленку определенного количества водной эмульсии этого вещества наблюдается сокращение площади нефтяного пятна.

В некоторых случаях нефтяную пленку на водной поверхности собирают путем напыления порошкообразных частиц песка, имеющих размеры 0,01-0,5 мм, и шлаковой пемзы размером 0,05-0,5 мм.

Наиболее распространенным и экономически выгодным способом ликвидации нефтяного загрязнения физико-химическим методом является простое сжигание. Однако этот способ неэффективен и вреден: во-первых, сжигание возможно, если нефть лежит на поверхности густым слоем или собрана в накопители, пропитанные ею почва или грунт гореть не будут; а во-вторых, на месте сожженных нефтепродуктов продуктивность почв, как правило, не восстанавливается, и среди продуктов сгорания, остающихся на месте или рассеянных в окружающей среде, появляется много

токсичных, в частности канцерогенных веществ.

Очистка почв и грунтов в специальных установках путем пиролиза или экстракции паром оказалась дорогостоящей и малоэффективной для больших объемов грунта. Требуются большие земляные работы, в результате чего нарушается естественный ландшафт, а после термической обработки в очищенной почве могут остаться новообразованные полициклические ароматические углеводороды – источник канцерогенной опасности.

Говоря о процессах восстановления нефтезагрязненных почвенных экосистем, многие исследователи (Т.П. Славина, М.И. Кахаткина, Н.А. Сорокин, С.О. Урсегов и др.) обращают внимание на то, что обычные мероприятия по рекультивации имеют ряд недостатков - не всегда способствуют восстановлению почв и растительности и часто сами наносят долговременный вред окружающей среде [160-161]. Землевание замедляет процессы разложения нефти. Вывоз загрязненного слоя создает новые очаги вторичного загрязнения. Исследования показывают [161], что при сжигании нефти сроки естественного восстановления нефтезагрязненных почв значительно увеличиваются, происходит образование

ПАУ, обладающих канцерогенными свойствами, следовательно, величивается токсичность почв, затормаживается восстановление всех блоков экосистемы.

К сожалению, до настоящего времени не существует достаточно фундаментального научного обоснования рекультивации нефтезагрязненных земель. Поэтому ликвидация последствий нефтяных разливов в большинстве случаев проводится совершенно неприемлемыми устаревшими методами - выжиганием нефтезагрязненной земли, землеванием песком, транспортировкой загрязненной земли в отвалы, что способствует вторичному загрязнению окружающей среды. Для максимального уменьшения неблагоприятного воздействия необходимо знание законов трансформации загрязненных экосистем и загрязняющих веществ, прогноз их изменения во времени.

Процесс удаления разлитой нефти и нефтепродуктов сорбционными методами часто требует довольно сложной технологии как для подготовки загрязненного участка, так и для самого процесса рекультивации. Стратегия очистки нефтезагрязненной почвы зависит от количества нефти попавшей на данную местность в результате разлива, от ландшафтно-географической зоны, в которой произошел разлив, и от того, какие средства доступны для ликвидации нефтяного загрязнения.

#### **Библиографический список:**

1. Брод И.О. Основы геологии нефти и газа / И.О. Юрод, Н.А. Еременко // М.: Гостоптехиздат, 1957. – 480 с.
2. Ибламинов Р.Г. Основы геологии и геохимии нефти и газа / Р.Г. Ибламинов // Перм. гос. ун-т. – Пермь, 2007. – 256 с.
3. Дугов Ю. С. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов / Ю.С. Дугов, А. А. Родин // С.- Пб., 2000. – 250 с.
4. Баженова О.К. Геология и геохимия нефти и газа / О.К. Баженова, Ю.К. Бурлин // М.: Академик, 2004. – 415 с.
5. Габриэлянц Г.А. Геология нефтяных и газовых месторождений / Г.А. Габриэлянц // М.: Недра, 1984. – 285 с.

**Хусаинов Эмиль Гарифович**  
**Khusainov Emil Garifovich**

Студент Самарского государственного технического университета, факультет институт заочного образования, направление разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений.

УДК 502.5

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ ОБУСТРОЙСТВА ВОСТОЧНОГО УЧАСТКА ОРЕНБУРГСКОГО НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

### **ENSURING TECHNOLOGICAL SAFETY AND SAFE OPERATION AT THE FACILITIES OF THE EASTERN SECTION OF THE ORENBURG OIL AND GAS CONDENSATE FIELD**

**Аннотация:** темой исследования является обеспечение технологической безопасности и безопасного ведения работ.

**Annotation:** the theme of the study is to ensure technological safety and safe work.

**Ключевые слова:** безопасность, нефтяное месторождение.

**Keywords:** safety, oil field.

Рассмотрим технологический процесс обустройства нефтяных и газовых скважин.

Нефтяная промышленность является одной из первых в промышленном строительстве. Планировка, возведение объектов нефтяной промышленности имеет ряд нестандартных особенностей. Во-первых, сущность проектов разработки нефтегазовых месторождений зависит от величины нефтяной или газовой залежи, от пористости и проницаемости залежи, от свойств характеристик углеводородного продукта (вязкости, газового фактора, обводненности, наличие сероводорода, углекислоты, парафина). И самое главное, от объема извлекаемых запасов нефти, газа и газового конденсата.

В технологию входит применение средств и методов воздействия на труд, при выполнении работ. Технология, есть сочетание квалификационного опыта, технических средств, модернизации, оснащение и соответствующих знаний, необходимых для реализации ожидаемых изменений в материалах, информации персонала, специалистах и решении поставленных задач. Способ изменения сырья в желаемые продукты и услуги, технология работы по образованию исходных элементов труда в готовые результаты, являющиеся целью производства компании. Основу технологического процесса составляет технология – ожидаемые результаты, с помощью которых и происходят желаемые преобразования. Можно утверждать, что уровень техники определяет уровень технологии.

Технология строительного производства - это взаимодействие средств и методов воздействия на предмет труда (строительные материалы, конструкции, изделия) для его преобразования в итоговые продукты обустройства с возможно более высокими качественными характеристиками, при наименьших затратах материальных и трудовых ресурсов и с наибольшим использованием технических параметров оборудования, машин, механизмов и исходных материалов.

Нефтегазовые участки, в основном, размещаются на новых осваиваемых территориях. При каждом новом обустройстве месторождений необходимо выполнять большой объем предварительных этапов работ. Этот этап включает в себя вырубку леса, его реализацию, корчевку пней, обустройство временных дорог, как с твердым покрытием, так и с грунтовым.

На период обустройства нефтегазовых месторождений для временного и постоянного размещения работающему персоналу необходима питьевая вода, отопление, место для приема пищи, медицинские опорные пункты, место для купания, канализационные сооружения. При выходе работающего персонала в новые районы совместно с будущими эксплуатационниками обустраивают свои площадки строительные организации и буровые предприятия.

Для добычи нефти и газа земляной участок передается в постоянное и во временное пользование. Во временное пользование земляной участок передается на время строительства скважин.

К каждой нефтегазовой скважине в разработанной траншее будет проложен технологический нефтегазопровод установленного проектом диаметра, а к нагнетательной скважине прокладывается

водовод. Технологический водовод углубляется, согласно рабочему проекту, ниже уровня промерзания грунта.

Прежде, чем приступить к созданию проекта строительства нефтяного или газового месторождения, необходимо иметь проект разработки этих месторождений, утвержденные балансовые и извлекаемые запасы, оформленный горный отвод. В зависимости от запасов углеводородного вещества отбираются варианты: строительство жилого поселка для проживания будущего эксплуатирующего персонала, временные вахтовые поселки или привлечение местных жителей. Часто нефтегазовые участки находятся в труднодоступных районах, но некоторые месторождения находятся в развитой инфраструктурной местности на территориях Российской Федерации. Они располагаются на водораздельных возвышенностях. Основу гидросети составляют реки и водоемы. В основном дорожные сети развиты. Все населенные пункты связаны асфальтовым покрытием. Имеется централизованное электроснабжение. В некоторых случаях, располагаются неподалеку развитые нефтегазовые инфраструктуры, где находятся базы НГДУ. В населенных пунктах чаще всего функционирует железнодорожный Терминал, у которого имеется функционал приема и отгрузки нефти на заводы России, а также на дальнее и ближнее зарубежье.

Территории нефтегазовых месторождений исследуются, с помощью сейсморазведочных работ в самые разные годы. Месторождения открываются заблаговременно до начала бурения и эксплуатации нефти и газа. Настоящие месторождения эксплуатируются, в соответствии с планом пробной эксплуатации, который утверждается территориальным органом Ростехнадзора по конкретному региону.

В связи с интегрированием российского нефтегазового комплекса в мировую экономику становится актуальным для специалистов нефтяников и газовиков знание международных процедур управления инвестиционными процессами. До недавнего времени организационные формы управления проектами были довольно просты. Заказчик, от имени Государства, заключает договор с проектным институтом, у которого имеется план проектных работ и также с Генподрядной строительной организацией.



Рисунок 1 - Схема взаимодействия участников нефтегазового проекта

В технологический процесс строительства месторождения входит перечень строительства промышленных нефтепромысловых объектов и сооружений.

На состояние здоровья и работоспособность сотрудника в результате труда оказывает ряд вредных и опасных производственных факторов производственной среды и рабочего процесса.

Вредный производственный фактор - явление среды и трудового процесса, который может вызвать профессиональную патологию, стойкое или временное уменьшение трудоспособности, увеличивает частоту физиологических и инфекционных заболеваний.

Опасный производственный фактор – явление среды и трудового процесса, который является причиной тяжелых болезней или резкого ухудшения самочувствия сотрудника, смерти.

В соответствии с [1] опасные и вредные производственные факторы подразделяются на: физические, химические, биологические и психофизиологические.

В нефтегазовой промышленности, при нерациональной организации труда и производства и несоблюдении установленных профилактических мероприятий, возможно опасное воздействие на сотрудника нефтяных паров, газов и других веществ, используемых или сопутствующих

технологическому процессу.

Пары углеводородов и продуктов ее переработки, а также различные газы, такие как сероводород и метан, негативно действуют на центральную нервную систему сотрудников. Первичными признаками отравления вредными веществами, в основном проявляются в головокружении, сухости во рту, головной боли, тошноте, частом сердцебиении, общей слабости и потере сознания.

Наиболее опасными отравляющими свойствами обладают нефти, содержащие значительные количества сероводорода. Опасность отравления, при обращении с многосернистыми смесями состоит в комбинированном воздействии углеводородов и сероводородов. Поэтому, при обращении с ними выполняется ряд мероприятий, для безопасного выполнения труда [3].

Метан - газ, который находится в составе нефтяного природного газа. Если метан образуется в воздухе в составе 10 процентов, то человек испытывает недостаток кислорода, а при большом содержании может наступить удушье.

Сероводород – бесцветный отравляющий газ, тяжелее воздуха, в малой концентрации пахнет тухлыми яйцами, а в большой концентрации без запаха, так как наступает частичный паралич окончаний нерва органа обоняния.

Шум и вибрация - источниками шума и вибрации, при обустройстве строительного-монтажных работ являются работы с ручным электроинструментом, дизельными электростанциями, сварочными аппаратами, работами различной техники.

Из-за сильного шума (более 80 дБА), который влияет на органы слуха, у персонала могут возникнуть проблемы со здоровьем, например, такие как, полная глухота или профессиональная тугоухость. При этом нарушается нормальная деятельность сердечно - сосудистой и пищеварительной систем, возникают хронические заболевания. Шум влияет на состояние психического здоровья. Под действием шума наблюдаются истощение клеток головного мозга, замедленные психологические реакции и функциональные сдвиги нервной системы.

Вибрация - вибрацией называются механические колебания упругих тел, различных сооружений, машин и инструментов, из-за которых происходят нарушения механической прочности и герметичности оборудования и коммуникаций. Вредное воздействие вибрации на организм человека выражается в возникновении вибрационной болезни.

Вибрация может возникнуть от неуравновешенности движущихся частей оборудования, от пульсирующих потоков жидкостей и газов в трубопроводах, а также при работе пневматических и электрических ручных инструментов.

Под действием вибраций могут произойти изменения в нервной и костно-суставной системах, падение мышечной силы и массы, повышение артериального давления, нарушение остроты зрения, ослабление памяти, спазмы сосудов сердца.

Действие электрического тока на организм человека может быть тепловым (ожог), механическим (разрыв тканей, повреждение костей), химическим (электролиз), биологическим (нарушение биотоков, свойственных живой материи, с которой связана ее жизнеспособность).

Различают два вида поражения человека электрическим током: электрический удар и электрическая травма [4]. При электрическом ударе поражается весь организм человека в целом, поэтому этот вид поражения представляет наибольшую опасность. В некоторых случаях поражения электрическим током может наступить «мнимая смерть» - состояние, когда отсутствует дыхание и прекращена деятельность сердца, но потеря вызвана только функциональными расстройствами. В течение некоторого времени после поражения возможно восстановить деятельность сердца легких путем применения искусственного дыхания и других методов оживления. Самое главное при таких поражениях - это незамедлительное применение методов оживления.

При строительном-монтажных работах возможно получение термических ожогов:

- образование возгорания и пожара, при потере герметичности сосудов, технологических трубопроводов и при несоответствии технической процедуры;

- термические воздействия на персонал, при выполнении работ с повышенной температурой на частях оборудования и механизмов, технологическими трубопроводами, жидкостями, водяным паром;

- воспламенение ГСМ с последующим возгоранием;

- образование пожара и взрывоопасной ситуации в результате разлива нефтепродуктов в случае разгерметизации емкостей с ЛВЖ.

В данном инженерном расчете следует определить количество пострадавших среди персонала объекта в случае мгновенного разрушения резервуара с пропаном вместимостью 100 т. [2]

Плотность размещения персонала на объекте: на открытой местности - 0,0001 чел/м<sup>2</sup>; в промышленном здании - 0,1 чел/м<sup>2</sup>; в административном здании - 0,2 чел/м<sup>2</sup>.

Площадь: промышленного здания - 100 м<sup>2</sup>; административного - 100 м<sup>2</sup>. Для упрощения расчета принимаем, что действие поражающих факторов источника ЧС не выходит за территорию объекта.

Резервуар окружен технологическим оборудованием, размещенным с высокой плотностью. Расстояния от места аварий до промышленного здания - 700 м, до административного здания - 1000 м.

Произведем расчет:

1. Определим массу пропана, участвующего в реакции.

В данном случае произошло мгновенное разрушение резервуара, поэтому в реакции принимают участие 100 т пропана (М), а при образовании огненного шара 60% массы газа (т), т.е. 60 т (масса газа в облаке топливновоздушной смеси /ТВС/).

$$m = 0,6 \times M,$$

$$m = 0,6 \times 100 = 60 \text{ т.}$$

2. Определим режим взрывного превращения облака ТВС. По табл. 1, определяем класс пространства окружающего место аварии - 2 класс.

Таблица 1

3. Характеристика классов пространства, окружающего место аварии

№ класса	Характеристики пространства
1	Наличие труб, полостей и т.д.
2	Сильнозагроможденное пространство: наличие замкнутых объемов, высокая плотность технологического оборудования, лес, большое количество повторяющихся элементов
3	Сильнозагроможденное пространство: отдельно стоящие технологические установки, резервуарный парк.
4	Слабозагроможденное пространство и свободное пространство.

По табл. 2, определяем класс взрывоопасного вещества - 2 класс.

Таблица 2

Классификация взрывоопасных веществ

Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4
Ацетилен Винацетилен Водород Гидразин Метилацетилен Нитрометан Окись пропилена Озопропилнитрат Окись этилена Этилнитрат	Акрилонитрат Акролеин Аммиак Бутан Бутилен Пентадиен Пропан Пропилен Сероуглерод Этан Этилен эфиры: деметиловый девиниловый метилбутиловый	Ацетальдегид Ацетон Бензин Винацетат Винилхлорид Гексан Генераторный газ Изооктан Метиламин Метилацетат Метилбутил Кетон Метилпропил Метилэтил Октан Пиридин Сероводород спирты: метиловый этиловый пропиловый амиловый изобутиловый изопропиловый гексан этилформиат этилхлорид	Бензол Дизтопливо Дихлорбензол Додекан Керосин Метан Метилбензол Метилмеркаптан Метилхлорид Нафталин Окись углерода Фенол Хлорбензол Этилбензол



По табл. 3 определяем вероятный режим взрывного превращения - 2 режим.

Таблица 3

Режимы взрывного превращения облаков топливно-воздушных смесей

Класс топлива	Класс окружающего пространства			
	1	2	3	4
1	1	1	2	3
2	1	2	3	4
3	2	3	4	5
4	3	4	5	6

4. Определим радиусы зон разрушений.

По табл. 4 определяем вспомогательные коэффициенты (а) для различных степеней разрушений зданий. Например, для промышленных зданий при полной степени разрушения при 2 режиме взрывного превращения  $a = 1,66$ .

Таблица 4

Вспомогательные коэффициенты (а) для определения размеров зон разрушений и расстекления зданий от ударной воздушной волны при авариях на пожаровзрывоопасных объектах

Степень разрушения	Тип зданий	Режим взрывного превращения					
		1	2	3	4	5	6
Полная	П	1,71	1,66	1,58	1,52	1,42	1,32
	Ж	1,91	1,82	1,67	1,62	1,52	1,42
Сильная	П	2,06	1,96	1,82	1,77	1,67	1,57
	Ж	2,16	2,06	1,92	1,87	1,77	1,67
Средняя	П	2,26	2,21	2,02	1,97	1,82	1,77
	Ж	2,36	2,35	2,27	2,17	2,02	1,97
Слабая	П	2,53	2,46	2,42	2,32	2,22	2,17
	Ж	2,71	2,66	2,62	2,52	2,42	2,32
Расстекление		2,91	2,76	2,66	2,62	2,6	2,51

Примечание: П - промышленные здания, Ж - жилые и административные здания

По шкале на рис. 3. определяем условную массу вещества ( $M'$ ). Для этой цели на верхней шкале отмечаем деление, соответствующее массе пропана (100 т) и проводим вниз до средней шкалы линию,  $M' = 2$ .

Определяем условный радиус зоны полных разрушений:

$$R_1 = 0,32 \times M' + a = 2,3,$$

$$R_1 = 0,32 \times 2 + 1,66 = 2,3.$$

На средней шкале (рис. 3.) находим точку 2,3 и на нижней шкале, напротив помеченной точки, найдем радиус полных разрушений  $R_1 = 200$ , ( $R = 10^{2,3} = 200\text{м}$ ).

Радиусы зон разрушений и зоны расстекления можно определить без помощи шкалы, изображенной на рис. 3.

$$R_i = 10^{(0,32 \lg M' + a)} = 10R',$$

где  $R_i$  - радиус зоны разрушения (полной, сильной, средней, слабой) или зоны расстекления, м;

$M$  – масса топлива, участвующая в реакции, т;

$a$  – вспомогательный коэффициент;

$R'$  - условный радиус зоны разрушения или расстекления.

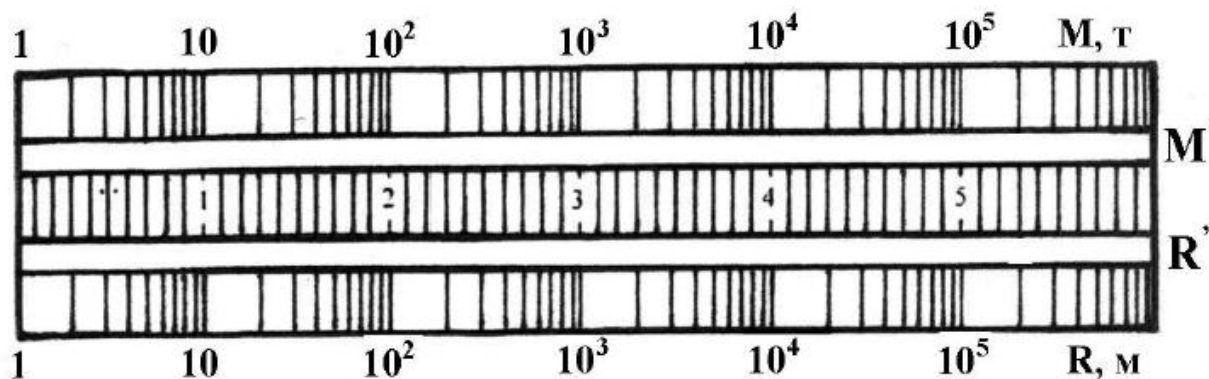


Рис. 3. Шкала для определенных радиусов действия поражающих факторов при аварии на пожаровзрывоопасном объекте.

Размеры зон полных, сильных, средних и слабых разрушений для промышленных и административных зданий представлены в табл. 5.

Таблица 5

Тип здания	Степень разрушения и радиус зон, м.			
	Полные (1)	Сильные (2)	Средние (3)	Слабые (4)
Промышленные	200	400	700	1200
Административные	300	500	1000	2000

Радиус зоны расстекления примерно равен 2500 м.

Так как административное здание расположено на расстоянии 1000 м, а промышленное - на расстоянии 700 м, то они получают слабую степень разрушения (см. рис. 4)

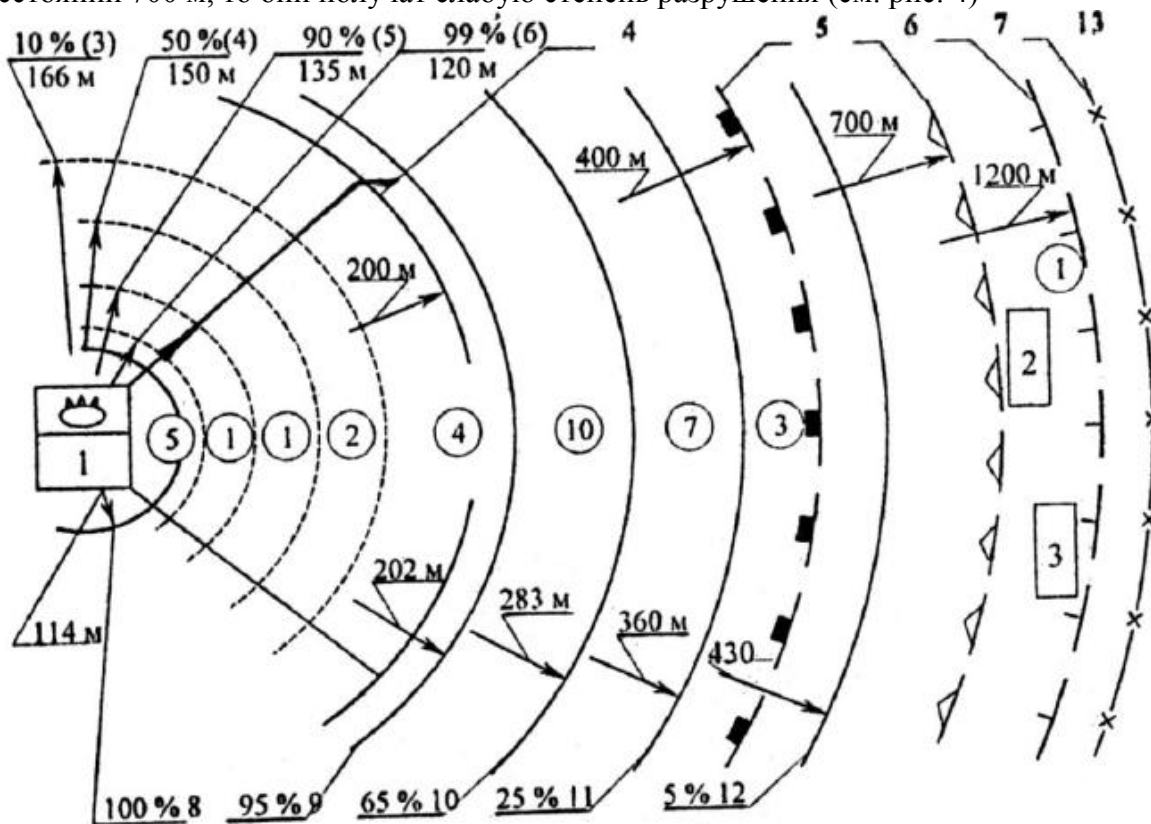


Рис. 4. Схема действия поражающих факторов при аварии на пожаровзрывоопасном объекте:

1 - пожаровзрывоопасный объект;

2 - промышленное здание;

3 - административное здание;

4, 5, 6, 7 - границы зон сплошных, сильных, средних и слабых разрушений, соответственно;

(6), (5), (4), (3) - номера и границы зон поражения людей от воздушной ударной волны;

8, 9, 10, 11, 12 - границы зон поражения людей от теплового потока (8 - граница территории покрываемой огненным шаром);

13 - зона расстекления; вероятность поражения людей на границах зон действия поражающих

факторов указана на схеме в процентах;  
1 - количество людей, погибших в зонах действия поражающих факторов.

5. Определим число людей, пораженных воздушной ударной волной на открытой местности.

Радиусы зон поражения людей определяются с помощью вспомогательного коэффициента (а) из табл. 6, шкалы на рис. 3, аналогично, как для определения радиусов зон разрушения.

Таблица 6

Вспомогательные коэффициенты (а) для определения размеров зон поражения людей воздушной ударной волной при авариях на пожаровзрывоопасных объектах

Номер зоны и вероятность поражения людей, %	Режим взрывного превращения					
	1	2	3	4	5	6
99	1,51	1,43	1,41	1,38	1,35	1,34
90	1,60	1,46	1,45	1,44	1,43	1,42
50	1,66	1,52	1,50	1,49	1,48	1,47
10	1,72	1,62	1,60	1,59	1,58	1,57
1,0	1,79	1,70	1,69	1,68	1,65	1,64
Порог поражения	1,85	1,78	1,76	1,74	1,72	1,70

Найдем число пострадавших людей в 6-ой зоне ( $P'_M = 99\%$ ).

Радиус зоны, в которой погибнет 99 % людей составляет  $R_{6M} = 120$  м.

Площадь зоны:

$$S_6 = \pi \times R_6^2$$

$$S_6 = 3,14 \times 120^2 = 45000 \text{ м}^2.$$

На рис. 4 зоны поражения людей от воздушной ударной волны отмечены пунктирными линиями.

Число погибших в шестой зоне,

$$N_6 = S_6 \times \rho_{OM} \times P_{6M}$$

$$N_6 = 45000 \times 0,0001 \times 0,99 = 4,5 \approx 5 \text{ чел.}$$

где  $\rho_{OM}$  - плотность персонала на открытой местности.

Число погибших, в пятой зоне  $P_{5M} = 90\%$ .

Площадь зоны, в которой погибнет от 90 % до 99 % людей (в среднем 95%),

$$S_5 = S_5' - S_6,$$

где  $S_5'$  - суммарная площадь 5 и 6 зоны.

Радиус границы пятой зоны  $R_5 = 135$  м, тогда

$$S_5 = 3,14 \times 135^2 - 3,14 \times 120^2 = 12000 \text{ м}^2$$

Число пострадавших в пятой зоне

$$N_5 = 12000 \times 0,0001 \times 0,95 = 1,1 \approx 1 \text{ чел.}$$

Число пострадавших в четвертой зоне (50-90 %)

$$N_4 = (3,14 \times 150^2 - 3,14 \times 135^2) \times 0,0001 \times 0,7 = 0,9 \approx 1 \text{ чел.}$$

Число пострадавших в третьей зоне (10-50 %)

$$N_3 = (3,14 \times 166^2 - 3,14 \times 150^2) \times 0,0001 \times 0,3 = 0,5 \approx 1 \text{ чел.}$$

Число пострадавших людей во 2 и 1 зонах не определяем, так как в данных зонах их не будет.

Общее число погибших людей от воздушной ударной волны на открытой местности составит 8 человек.

6. Определим число погибших людей, находящихся в промышленных административных зданиях.

Промышленные и административные здания попали в зону слабых разрушений (четвертую), в остальных зонах зданий нет (см. рис. 4)

Количество людей, находящихся в административном здании,

$$N_{4ж} = S_{ж} \times \rho_{ж}$$

$$N_{4ж} = 100 \times 0,2 = 20 \text{ чел}$$

где  $S_{ж}$  - площадь административного здания,  $m^2$ ;  $\rho_{ж}$  - плотность персонала административном здании.

Количество людей, находящихся в промышленном здании,

$$N_{4п} = S_{п} \times \rho_{п}$$

$$N_{4п} = 100 \times 0,1 = 10 \text{ чел}$$

где  $S_{п}$  - площадь промышленного здания,  $m^2$ ;

$\rho_{п}$  - плотность персонала в промышленном здании.

Вероятность выживания людей в зоне слабых разрушений (четвертой зоне) в административных зданиях  $P_{4ж} = 98 \%$ , в промышленных зданиях  $P_{4п} = 90 \%$ .

Число пострадавших людей в зданиях равно

$$N_3 = N_{4ж} \times (1 - P_{4ж}) + N_{4п} \times (1 - P_{4п})$$

$$N_3 = 20 \times (1 - 0,98) + 10 \times (1 - 0,9) = 1 \text{ чел.}$$

Общее число погибших от воздушной ударной волны 9 человек.

7. Определим число людей, пораженных тепловым воздействием.

Параметры огненного шара: радиус огненного шара

$$R_{ош} = 3,2 \times m^{0,325},$$

$$R_{ош} = 3,2 \times 60000^{0,325} = 114 \text{ м.}$$

время существования огненного шара

$$t = 0,85 \times m^{0,26}$$

$$t = 0,85 \times 6000^{0,26} = 15 \text{ с.}$$

По табл. 7 определяем, что тепловой поток на поверхности огненного шара ( $Q_0$ ) составит 195 кВт/м.

Таблица 7

Значение теплового потока на поверхности огненного шара диаметром более 10 м

Вещество	Тепловой поток кВт/м <sup>2</sup>
Бутан	170
Этан	190
Этилен	180
Метан	200
Пропан	195

Площадь, покрываемая огненным шаром

$$S_{ош} = 3,14 \times R_{ош}^2$$

$$S_{ош} = 3,14 \times 114^2 = 41000 \text{ м}^2$$

Число погибших

$$N_{ош} = S_{ош} \times \rho_{ом}$$

$$N_{ош} = 41000 \times 0,0001 = 4,1 \approx 4 \text{ чел.}$$

Считаем, что вероятность гибели человека на площади, покрываемой огненным шаром равна 100 %.

Границы зон поражения людей от теплового потока на рис. 4 показаны сплошными линиями.

Число погибших людей, находящихся в различных зонах теплового воздействия.

Число погибших людей, находящихся в зоне, где вероятность их гибели составляет более 95 %.

По графику на рис. 5 определяем, что такой вероятности соответствует индекс дозы теплового излучения ( $J$ )  $3,7 \cdot 10^3$  кВт/м<sup>2</sup>.

Радиус зоны, где наблюдается данный тепловой индекс, равен:

$$X_{95} = R_{ош} \times Q_0^{0,5} \times (t / J)^{3/8}$$

$$X_{95} = 114 \times 195^{0,5} \times (15 / 3700)^{3/8} = 202 \text{ м}$$

Площадь зоны, где вероятность гибели людей более 95 %

$$S_{95} = 3,14 \times (202^2 - 114^2) = 87300 \text{ м}^2.$$

Число пострадавших в данной зоне

$$N_{95} = S_{95} \times P_{97,5} \times \rho_{\text{ом}}$$

$$N_{95} = 87300 \times 0,975 \times 0,0001 = 8,5 \approx 9 \text{ чел}$$

где  $P_{97,5}$  - средняя вероятность гибели людей в зоне (на границе зоны вероятность гибели 95 %).

Число погибших людей, находящихся в зоне, где вероятность их гибели находится в пределах от 65 до 95 % (среднее значение - 80 %).

Индекс дозы теплового излучения для вероятности 65 % составляет 1500 (см. рис. 5).

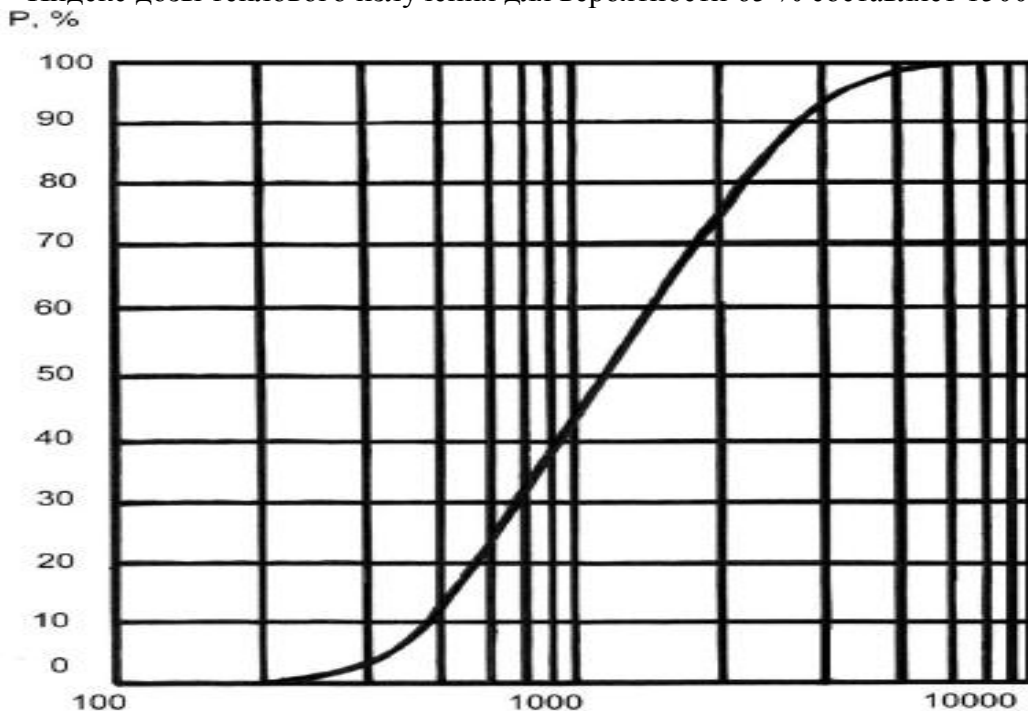


Рис. 5. Вероятность (P) поражения людей в зависимости от дозы теплового излучения.

Радиус зоны, где наблюдается данный индекс дозы теплового излучения  $X_{65} = 114 \times 195^{0,5} \times (15/1500)^{3/8} = 283 \text{ м}$ .

Площадь зоны

$$S_{65} = 3,14 \times (283^2 - 202^2) = 123400 \text{ м}^2$$

Число пострадавших в данной зоне

$$N_{65} = 123400 \times 0,8 \times 0,0001 = 9,9 \approx 10 \text{ чел}$$

Число погибших людей, находящихся в зоне, где вероятность их гибели составляет от 25 до 65 % (среднее значение - 45 %).

Индекс дозы для данной зоны  $J_{25} = 800$ , радиус  $X_{25} = 360$ , площадь зоны  $S_{25} = 155000 \text{ м}^2$ .

Количество людей, погибших в данной зоне, 7 человек.

Число погибших людей в зоне, где вероятность их гибели составляет от 5 до 25 % (в среднем - 15 %).

Параметры зоны:  $J_5 = 500$ , радиус  $X_5 = 430$ , площадь зоны  $S_5 = 174000 \text{ м}^2$ .

Количество людей, погибших в данной зоне 3 человека.

Общее число пострадавших от теплового потока

$$N_{\text{м.н}} = N_{100} + N_{95} + N_{80} + N_{45} + N_{15}$$

$$N_{\text{м.н}} = 4 + 9 + 10 + 7 + 3 = 33 \text{ чел.}$$

8. Найдем общее количество людей, погибших на объекте в результате аварии.

Количество пострадавших в зонах совместного действия воздушной ударной силы и теплового излучения определяется на основе сложения вероятности гибели людей от двух поражающих факторов (на рис. 4 количество погибших людей в зонах действия поражающих факторов указано в окружности).

Количество погибших людей на площади, покрываемой огненным шаром и в зоне гибели людей от ударной волны с вероятностью 0,99.

В данной зоне ограниченной окружностью с радиусом 120 м погибнет 100 % персонала, т.е. 5 человек.

Количество погибших людей в 5-ой зоне действия ударной волны и в зоне теплового потока,

где вероятность гибели составляет 97,5 % определяется из выражения

$$N_{5,95} = S_5 \times \rho_{\text{ом}} \times (P_{95} + P_{97,5} - P_{95} \times P_{97,5})$$

$$N_{5,95} = 12000 \times 0,0001 \times (0,95 + 0,975 - 0,95 \times 0,975) = 1,2 \approx 1 \text{ чел}$$

Количество людей, погибших в 4-ой зоне действия ударной волны и в зоне теплового потока (97,5 %)

$$N_{4,95} = 13000 \times 0,0001 \times (0,7 + 0,975 - 0,7 \times 0,975) = 1,3 \approx 1 \text{ чел}$$

Количество погибших в 3-ей зоне действия ударной волны в зоне теплового потока (97,5 %)

$$N_{3,95} = 16000 \times 0,0001 \times (0,3 + 0,975 - 0,3 \times 0,975) = 1,6 \approx 2 \text{ чел}$$

Количество погибших в зоне действия теплового потока (вероятность гибели 97,5 %)

$$N_{95} = 3,14 \times (202^2 - 166^2) \times 0,0001 \times 0,975 = 4 \text{ чел}$$

Число пострадавших определяется только для части зоны, т.е. в зоне, ограниченной радиусами 202 м (радиус зоны теплового потока) и 166 м (радиус 3-ей зоны ударной волны).

В данной зоне воздействия теплового потока находятся вторая и первая зоны действия воздушной ударной волны, но поскольку вероятность гибели людей второй и в первой зоне действия ударной волны незначительная, то ее не учитывают.

Количество погибших во всех зонах совместного действия воздушной ударной волны и теплового потока

$$N_{6-3,95} = 5 + 1 + 1 + 2 + 4 = 13 \text{ чел}$$

Общее количество погибших в результате аварии на пожаровзрывоопасном объекте

$$N_{\text{общ}} = N_{6-3,95} + N_{\text{м.п.}} + N_{\text{з}} = 13 + (10 + 7 + 3) + 1 = 34 \text{ чел.}$$

Числом погибших от осколков резервуара пренебречь.

#### **Библиографический список**

1. Афанасьев, В. Я. Стратегический менеджмент (на примерах компаний топливно-энергетического комплекса): учебник / К. А. Куликова. – Москва: ГУУ, 2006. – 172 с.
2. Алексеев, Д. М. Экономика труда: учебник / Д. М. Алексеев. – Москва: ГУУ, 2005. – 256 с.
3. Беляков, Г. И. Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда: учебник / Г. И. Беляков. – Москва: Юрайт, 2013. – 572 с.
4. Войтов, Т. М. Условия труда в России: учебник / Т. М. Войтов. – Москва: ГУУ, 2005. – 132 с.
5. ГОСТ 12.0.003-74. Опасные и вредные производственные факторы. – Введ. 01.01.1976. – Москва: Изд-во стандартов, 1974. – 7 с.
6. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Введ. 01.01.1989. – Москва: Изд-во стандартов, 1988. – 25 с.
7. ГОСТ 12.1.007-76. Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – Введ. 01.01.1976. – Москва: Изд-во стандартов, 1976. – 20 с.
8. ГОСТ 12.0.004-90. Госстандарт. Организация обучения работающих безопасности труда. – Введ. 01.07.1991. – Москва: Изд-во стандартов, 1990. – 25 с.
9. Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций Постановление Правительства РФ. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций № 794. – Введ. 30.12.2003. – Москва: Изд-во стандартов, 2003. – 15 с.
10. Карнаух, Н. Н. Охрана труда: учебник для прикладного бакалавриата / Н. Н. Карнаух. – Люберцы: Юрайт, 2016. – 380 с.

**Линник Михаил Александрович**  
**Linnik Mikhail Alexandrovich**

Студент Российского государственного социального университета, факультет информационных технологий

УДК 004.3

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА КОНТРОЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

### **DEVELOPMENT OF A SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR CLIMATE AND BIOLOGICAL INDICATORS CONTROL**

**Аннотация:** в данной статье рассматривается разработка программно-аппаратного комплекса контроля климатических и биологических показателей, основные компоненты, а также аналоги компонентов разработки.

**Abstract:** this article discusses the development of software and hardware for monitoring climatic and biological indicators, the main components, as well as analogues of development components.

**Ключевые слова:** IT, C++, Arduino, Raspberry Pi, климатические показатели, биологические показатели.

**Keywords:** IT, C ++, Arduino, Raspberry Pi, climate indicators, biological indicators.

Развитие современных информационных технологий позволяют создавать разные устройства, такие как портативные метеостанции, анализаторы и другие похожие по функционалу устройства самостоятельно, используя разные компоненты. Такие устройства могут быть разработаны при помощи основных частей – микроконтроллеров, систем на чипе и другие [4]. Для разработки программно-аппаратного комплекса контроля климатических и биологических показателей – портативной метеостанции с изменяемыми модулями требуются такие устройства, как:

- микроконтроллер (контроллер);
- устройство беспроводной связи;
- датчики измерения климатических показателей;
- датчик измерения биологических показателей (он может быть реализован как отдельный модуль у портативных метеостанций, в нашем случае будет использоваться датчик измерения CO<sub>2</sub>);
- энергонезависимая память для хранения данных (является опциональной частью у портативных метеостанций, будем использовать модуль microSD)
- компоненты питания.

Данные компоненты можно купить практически в любом магазине электронной техники. При выборе основного элемента разработки, а именно микроконтроллера, выбор состоял из представленных на рынке устройств Raspberry Pi B (Raspberry Pi Zero, SOC), Iskra и Arduino [1].

Опишем первый представленный на выбор SOC (система на чипе) - Raspberry Pi 3B. Данная SOC - Raspberry Pi 3B – полноценный компьютер в уменьшенном виде. Он предлагает большие возможности для разработки разнообразных устройств, так как на борту имеет мощный процессор, большое количество оперативной памяти и так далее. Функционал данного элемента такой же, как и у обычных компьютеров – на него можно поставить практически любую операционную систему (Linux, Windows IoT и так далее). Но стоимость данной платы слишком высока – около 4 – 5 тысяч рублей, следовательно использовать данный элемент нецелесообразно из-за больших финансовых затрат (так как стоимость самого первого аналога разрабатываемого программно-аппаратного комплекса начинается с 2 тысяч рублей). Есть также уменьшенная версия данной платы, она называется Raspberry Pi Zero, стоимость данной платы будет меньше, как и сам её размер [2].

Данная плата тоже относится к типу одноплатный микрокомпьютер (SOC), она также может работать на Linux. Pi Zero работает на базе ARM-процессора Broadcom BCM2835, включает 512 МБ ОЗУ, а также слот MicroSD, как и у старшего собрата. Данный экземпляр имеет стоимость примерно 1 – 2 тысячи рублей, но всё равно имеет стоимость выше обычных плат, из-за которой разработка программно-аппаратного комплекса на базе такого контроллера теряет свою актуальность. Рассмотрим следующий вариант, он уже относится к типу устройств микроконтроллеры - Iskra Nano Pro.

Компактная платформа Iskra Nano Pro отлично подходит для разработки небольших проектов (имеет размер меньше, чем Raspberry Pi Zero). Iskra Nano имеет цену, в разы ниже рассмотренных ранее устройств (примерно 500 – 700 рублей). Однако, данное устройство, имеет ряд отличий от популярной на данное время микроконтроллеры Arduino. Так как данная плата является аналогом Arduino Nano, то можно будет использовать одни и те же датчики и программный код, но стоимость базовой Arduino Nano ниже в 2 раза, следовательно использовать будем в разработке микроконтроллер Arduino Nano.

Arduino Nano — это открытая платформа семейства Arduino, небольшая, построенная на микроконтроллере ATmega328P (версия 3). Данная плата является миниатюрной версией Arduino Uno. Платформа Arduino Nano имеет все те же 30 контактов, что и версия Uno, но с двумя дополнительными аналоговыми входами A6 и A7.

С выбором микроконтроллера – мозга всего программно-аппаратного комплекса мы определились, теперь необходимо изучить необходимые специальные датчики (климатические и биологические). Специальные датчики (модули), которые будут использоваться в разработке программно-аппаратного комплекса можно отнести к следующим видам (наименованиям): цифровой датчик температуры и влажности, цифровой барометр, microSD Card Shield и модуль Bluetooth HC-06.

Начнём с климатических датчиков. Для измерения температуры зачастую используют цифровой термодатчик DS18B20.

Данный датчик передаёт информацию в микроконтроллер по протоколу 1-Wire, для этого используется только один провод. Датчик может питаться напрямую от линии передачи данных без использования внешнего источника питания (питается от 3,3 до 5 В). Диапазон измерения температуры довольно широкий - от -55 до +125 ° С. Каждый датчик имеет уникальный идентификатор (по спецификации протокола 1-Wire), данное преимущество позволяет подключать несколько датчиков к одной линии связи. Один главный недостаток данного модуля – он может измерять только температуру, следовательно найдём такой датчик, который измеряет температуру, но и влажность.

Рассмотрим цифровой датчик температуры и влажности DHT11. Этот модуль состоит из ёмкостного датчика влажности и термистора. Датчик содержит АЦП (аналого-цифровой преобразователь), который преобразует аналоговые значения влажности и температуры для последующей отправки в микроконтроллер в цифровом формате.

Данный датчик предназначен для работы при температуре от 0 до 50 градусов Цельсия (в минус температура не должна уходить в организации, для которой разрабатываем программно-аппаратный комплекс), поэтому он будет использоваться для измерения влажности и температуры в помещении организации.

Имеется аналог модуля DHT11, который превосходит его и модуль DHT22 по своим характеристикам - цифровой датчик температуры и влажности AM2320. Он позволяет проверять точность данных не путем проверки контрольной суммы, а путем проверки циклически избыточного кода (то есть имеет другой тип работы), что значительно снижает вероятность получения ошибочных данных.

Рассмотрим цифровой барометр LPS331AP. Он включает в себя монолитный датчик и интерфейс I2C. Чувствительный элемент состоит из суспензионной мембраны, расположенной внутри моносилконовой подложки. Датчик изготавливается с использованием специального процесса VENSENS, который позволяет построить моносилконовую мембрану над воздушной полостью с контролируемым пространством для определения давления, однако некоторые реализации данного модуля имеют возможность измерения окружающей температуры (данная функция может использоваться в разрабатываемом программно-аппаратного комплексе).

Со всеми климатическими датчиками разобрались, теперь рассмотрим датчики беспроводной передачи данных. Передачу информации по беспроводной связи можно осуществить, используя Wi-Fi или Bluetooth.

С модулем беспроводной связи разобрались, теперь необходимо выбрать модуль для сохранения полученных данных, так как Arduino Nano почти не имеет своей памяти (малый объём памяти), то необходим сторонний накопитель. Рассмотрим модули для сохранения данных на карте памяти microSD. Для обеспечения хранения данных можно использовать модуль WEMOS MicroSD Card Shield или его аналоги, благодаря которому полученные данные будут храниться на microSD



карту [4].

С системой хранения разобрались, теперь необходимо выбрать источник питания для программно-аппаратного комплекса. Существует много типов силовых устройств, самые популярные из них: соляные батареи, щелочные батареи, литиевые батареи, серебряные батареи и так далее.

С выбором основных модулей мы закончили, теперь необходимо выбрать модуль для измерения биологических показателей. Это будет датчик для измерения уровня загазованности помещения CO<sub>2</sub>. Для измерения уровня углекислого газа (CO<sub>2</sub>) будем использовать датчик MQ-135. Существует большое количество аналогов такого датчик, имеющие разные компоновки и дизайн.

Все необходимые компоненты для разработки программно-аппаратного комплекса – портативной метеостанции описаны. Стоимость каждого такого компонента не превышает 340 рублей, самый дорогой компонент – датчик газа. Итоговая стоимость такого устройства составляет 1688 рублей, если сравнить с примерными аналогами такого устройства, представленных на рынке, то эта стоимость является довольно низкой, так как за эту стоимость мы получаем гибкое по настройке и оптимизации устройство, в котором можно менять и изменять модули для измерения показателей.

В заключение можно сказать, что на сегодняшнее время из компонентов, которые представлены на рынке можно разработать любое устройство, начиная от простых измерителей, заканчивая продвинутыми летающими аппаратами. Но такое устройство не будет уступать как по стоимости, так и по функционалу дорогим, «брендовым» устройствам.

#### **Библиографический список:**

1. Основы современных компьютерных технологий: Учебн. пособие / Под ред. Хомоненко А. Д. – СПб: КОРОНА – Принт, 2003 – 448 с.

2. Волкова, Т.В. Основы проектирования компонентов автоматизированных систем: учебное пособие / Т.В. Волкова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Оренбургский Государственный Университет, Кафедра программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем. - Оренбург: ОГУ, 2016. - 226 с.: табл., ил. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-7410-1560-5; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=471129>.

3. Вичугова, А.А. Инструментальные средства информационных систем: учебное пособие / А.А. Вичугова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет». - Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2015. - 136 с.: ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-4387-0574-1; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442814>.

4. Универсальный справочник электрика [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/>. Дата обращения: 08.05.2020.





Научное издание

Коллектив авторов

ISSN 2500-1140

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»

Кемерово 2020