

УДК 502.51(26) : 504.5 : 665.6

Инновационные технологии по ликвидации морских аварийных разливов при транспортировке нефти судами

Н.П. Дедков¹, Н.Н. Морозов², Н.М. Путинцев³, В.А. Подобед⁴

¹ Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Мурманской области

² Технологический факультет МГТУ, кафедра химии

³ Политехнический факультет МГТУ, кафедра физики

⁴ Судоводительский факультет МА МГТУ, кафедра управления судном и промышленного рыболовства

Аннотация. В статье изложена методика и приведены примеры прогнозирования физико-химических показателей нефти в зависимости от времени и скорости ветра. Показана эффективность применения инновационных технологий для успешных ликвидаций чрезвычайных ситуаций на море.

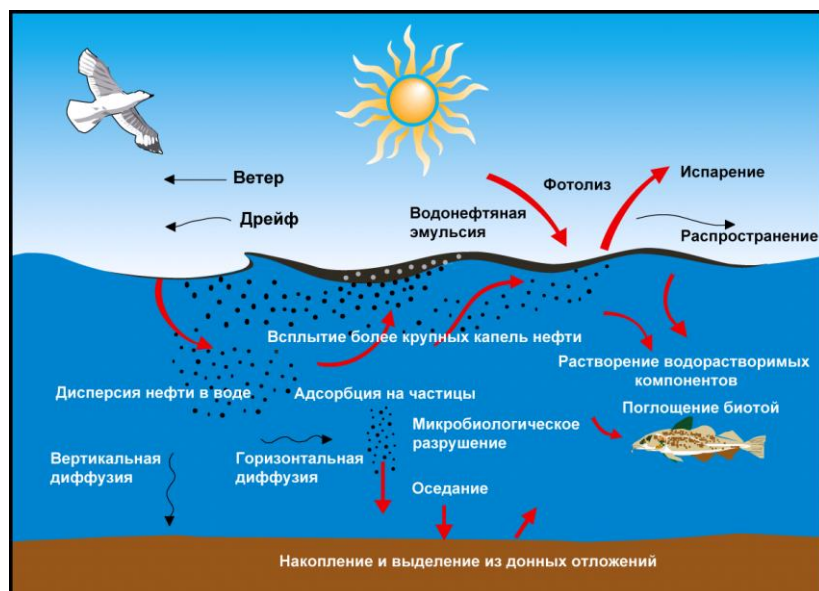
Abstract. The paper sets out the methodology and examples of predicting physical and chemical properties of oil depending on the time and wind speed. The efficiency of the use of innovative technologies for the successful elimination of emergency situations at sea has been revealed.

Ключевые слова: суда, море, нефть, инновационные технологии, методика, физико-химические показатели
Key words: vessels, sea, oil, innovative technologies, technique, physical and chemical characteristics

1. Введение

В статье (Dedkov, 2008) приводятся вопросы организации и реализации международного проекта по обеспечению экологической безопасности в арктических водах при добыче, хранении и транспортировке нефти и нефтепродуктов. Перечислены участники проекта и их роль в обеспечении экологической безопасности. Показана роль лаборатории, созданной на базе Мурманского ЦСМ, для определения физико-химических характеристик добываемой в северных морях Арктики нефти.

При разливе нефти на морской поверхности происходит ряд естественных процессов (рис. 1),



которые приводят к изменениям физических и химических свойств нефти и ее поведения в морской воде. Отличительной особенностью исследований нефти в лаборатории МЦСМ по новой технологии от испытаний нефти по показателям качества в соответствии с требованиями ГОСТ является исследование сырой нефти и ее отбензиненных фракций в условиях, имитирующих морскую среду (использование морской воды, разных температур воздуха и воды, скорости ветра, волнения моря). На основе полученных результатов моделируется поведение нефтяного пятна.

Рис. 1. Схема естественных процессов, изменяющих физические и химические свойства нефти

2. Основные физико-химические показатели нефти

Поступившая на исследование в лабораторию проба нефти проходит предварительную подготовку: разогрев на водяной бане при 50 °С в течение 1 часа и перемешивание не менее 1 часа. Затем начинается поэтапное исследование нефти.

Первый этап включает определение физико-химических характеристик сырой нефти/мазута (вода, плотность, вязкость, температура застывания, определение углеводородного состава, температура вспышки (для мазута), создание моделей выветренной нефти/мазута (отбензинивание при температурах +150 °С, +200 °С, +250 °С), определение вязкости сырой нефти/мазута при 5 °С / 13 °С).

На втором этапе проводят испытания на отбензиненных фракциях +150 °С, +200 °С, +250 °С (плотность, температура вспышки, углеводородный состав). При удовлетворительных испытаниях проводят объединение отбензиненных параллелей по фракциям.

На третьем этапе проводят испытания на объединенных пробах +150 °С, +200 °С, +250 °С (плотность, температура вспышки, температура застывания, углеводородный состав, асфальтены и парафины только во фракции +250 °С, вязкость всех фракций при разных температурных условиях (+5 °С и +13 °С)).

Четвертый этап: изучение взаимодействия всех фракций мазута/отбензиненной нефти с морской водой при разных температурах (+5 °С и +13 °С) – тестирование всех фракций на водопоглощение, стабильность, вязкость и взаимодействие с деэмульгатором.

Пятый этап: создание эмульсий с 50 %, 75 %, и максимальным содержанием воды с дальнейшим определением их вязкости и испытанием дисперсности (ИФП-тест), все фракции (безводные и эмульсии) за исключением сырой нефти при разных температурах (+5 °С и +13 °С) и измерение диспергированной нефти на спектрофотометре.

Лабораторные данные по пробам сырой и отбензиненной нефти обрабатываются и передаются в Мурманское УГМС для построения моделей и получения прогноза поведения нефти на море при различных условиях. В таблице приведена последовательность испытаний нефти в лаборатории "Мурманский ЦСМ".

Таблица. Последовательность испытаний нефти

Цели испытаний:	
Определение физико-химических характеристик нефти и изучение её свойств при попадании на поверхность морской воды при разных температурах морской воды и воздуха	Испытания нефти на соответствие требованиям ГОСТ Р 51858-2002
Объем пробы для испытаний:	
по полной схеме – 20 л по короткой схеме – 5 л	от 1,5 л до 3,2 л
Проводимые исследования:	
Отбензинивание нефти при температурах +150 °С, +200 °С, +250 °С	Определяемые характеристики:
Определение характеристик:	Содержание серы
– плотность нефти и отбензиненных фракций;	Плотность
– температура застывания нефти и отбензиненных фракций;	Содержание механических примесей
– температура вспышки нефти и отбензиненных фракций;	Содержание хлористых солей
– динамическая вязкость нефти, отбензиненных фракций и водонефтяных эмульсий при температурах морской воды и воздуха +5 °С и +13 °С;	Давление насыщенных паров
– водопоглощение, стабильность эмульсий, эффективность деэмульгатора отбензиненных фракций при температурах морской воды и воздуха +5 °С и +13 °С;	Содержание хлорорганических соединений
– эффективность диспергента отбензиненных фракций с разным содержанием воды при температурах морской воды и воздуха +5 °С и +13 °С;	Содержание сероводорода и легких меркаптанов
– содержание парафинов и асфальтенов в нефти;	Содержание парафина
– содержание воды в нефти;	Содержание воды
– фракционный состав нефти по программе СИМ ДИСТ;	Выход фракций по ГОСТ
– углеводородный состав нефти и отбензиненных фракций	

По сценарию тренинга информация о типе разлившейся нефти должна быть в банке данных нефти МЦСМ. Все физико-химические показатели сырой нефти, а также лабораторные данные

изменения свойств нефти при заданных метеоусловиях (температура морской воды и воздуха и скорость ветра), полученные в результате испытания нефтяных остатков и водонефтяных эмульсий заносятся в таблицы и передаются по электронной почте в МУГМС. Эти же данные заносятся в компьютерную программу моделирования, в результате чего мы получаем текстовые файлы и диаграммы прогноза изменения свойств нефти и ее поведения при попадании на поверхность морской воды при заданных условиях окружающей среды. Текстовые файлы и диаграммы по электронной почте лабораторией МЦСМ передаются в МБАСУ.

На примере данного типа нефти с помощью графиков и диаграмм можно определить изменение физико-химических свойств нефти и ее поведение на поверхности моря при заданных условиях окружающей среды. Температура вспышки является одной из важных характеристик, влияющих на ликвидацию аварийных разливов. Если температура вспышки нефти ниже температуры морской воды, возникает опасность возгорания нефти. На некоторых танкерах для нефти, находящейся на борту, установлена предельная температура вспышки +60 °С. При попадании нефти на поверхность моря температура вспышки быстро повышается, т.к. испаряются легкие насыщенные углеводороды. При скорости ветра 10 м/с данный тип нефти достигнет предельной температуры вспышки +60 °С примерно через 1 час. То есть через 1 час после разлива опасности возгорания нефти нет и можно приступать к ликвидации разлива. На рис. 2-6 приведены графики температуры вспышки, застывания, вязкости, испарения и водопоглощения нефти в зависимости от времени и скорости ветра при температуре морской воды +5 °С.

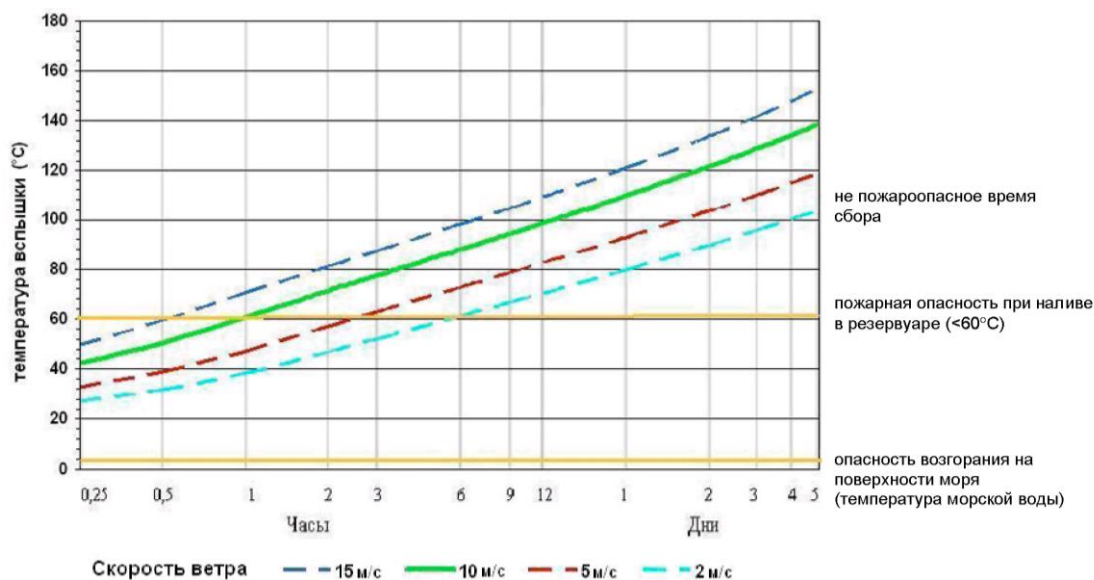


Рис. 2. Прогнозируемая температура вспышки

Температура вспышки и застывания представляет важную информацию для служб, занимающихся сбором разлившейся нефти. Полузастывание или застывание нефтяного пятна на поверхности моря может затруднить сбор нефтяного пятна механическим способом. Зная температуру застывания, можно правильно подобрать тип скиммера для наиболее эффективного сбора нефти. Застывание нефти на морской поверхности начинается при температуре выше температуры морской воды на 10-15 °С. Как показано на рис. 3, для данного типа нефти при температуре морской воды +5 °С, при любом времени нахождения на поверхности моря и при любой скорости ветра риска застывания не будет.

Вязкость нефти и водонефтяной эмульсии также является важной информацией для выбора типов скиммеров. Если вязкость нефти ниже 1000 мПа·с, то может произойти утечка нефти из бонового ограждения. При скорости ветра 10 м/с утечка может происходить в течение 1,5 часов. Для сравнения, при скорости ветра 2 м/с утечка может происходить приблизительно в течение 12 часов. Самое эффективное время сбора нефтяного пятна скиммерами при скорости ветра 10 м/с – это от 1,5 до 9 часов при вязкости от 1000 до 20 000 мПа·с. Через 9 часов вязкость нефтяного пятна будет выше 20 000 мПа·с, а через 12 часов при скорости ветра 10 м/с – 30 000 мПа·с, через 5 дней – 100 000 мПа·с. С увеличением вязкости эффективность потока в скиммеры может быть снижена.

На рис. 5 показано сколько нефти испарится при разных скоростях ветра. Например, при

скорости ветра 5 м/с через 12 часов испарится приблизительно 16 % нефти, а при скорости ветра 10 м/с – около 20 % нефти.

Прогнозируемое водопоглощение (рис. 6) дает возможность оценить, какой объем нефти необходимо будет собрать. При попадании в море нефть начинает поглощать морскую воду. При скорости ветра 10 м/с через 12 часов водопоглощение составит 70 %. Это значит, что нефтяное пятно увеличится в объеме примерно в 3 раза. Если разлилось 15 000 тонн сырой нефти, то через 12 часов на поверхности моря будет находиться приблизительно 45 000 тонн водонефтяной эмульсии. Такие данные необходимы для прогноза количества танкеров сборщиков водонефтяной эмульсии.

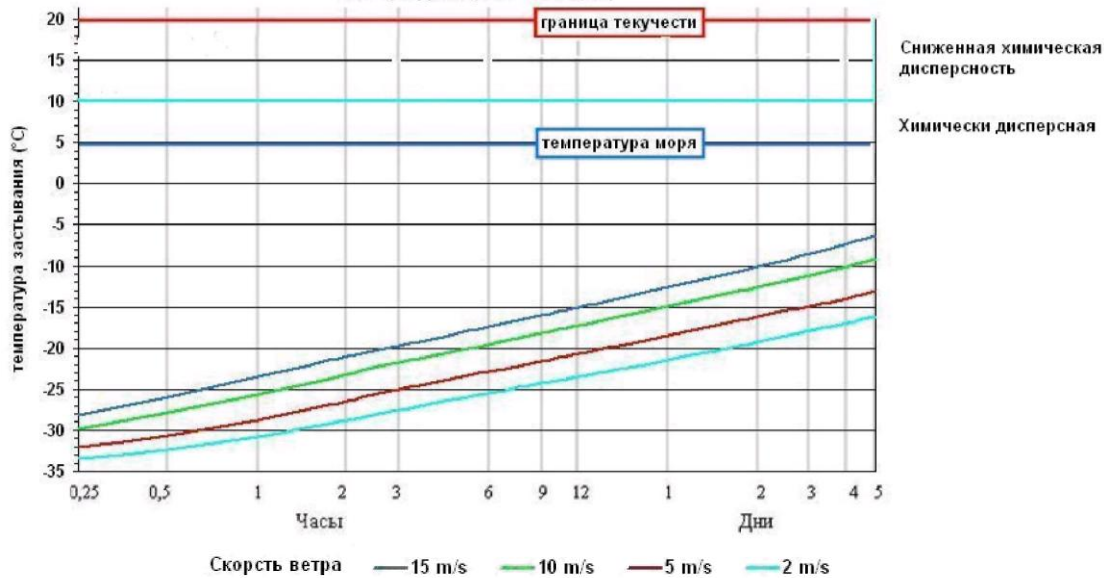


Рис. 3. Прогнозируемая температура застывания

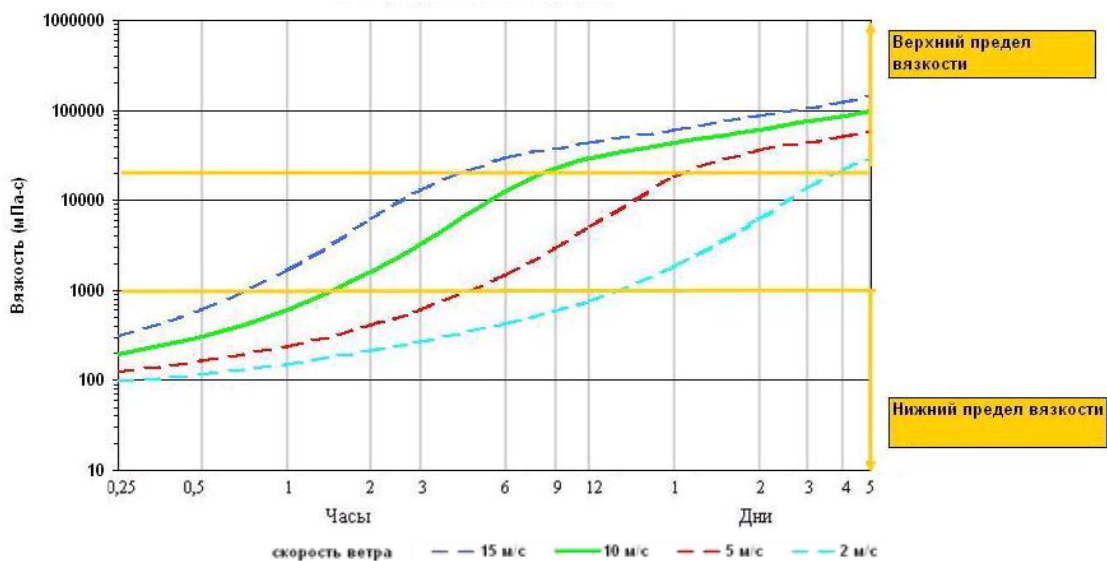


Рис. 4. Прогнозируемая вязкость эмульсии

3. Заключение

Используя лабораторные данные и компьютерную программу можно рассчитать дрейф нефтяного пятна через определенные промежутки времени для конкретных гидрометеорологических условий. Преимущества новой технологии ликвидации разливов нефти: научный подход; наличие банка данных нефти и диспергентов; моделирование поведения конкретного типа нефти в условиях разлива; возможность выбора способа ликвидации; расчет времени нахождения нефти на поверхности моря; расчет необходимых сил и средств для ликвидации разлива; четкая координация работы служб и ведомств; сокращение срока ликвидации аварии; минимизация экологических, экономических, политических и социальных последствий

в результате аварийного разлива нефти. Реальное воплощение данного проекта будет означать новый этап модернизации и технологического обновления системы ликвидации аварийных разливов нефти и позволит минимизировать экономические и экологические последствия.

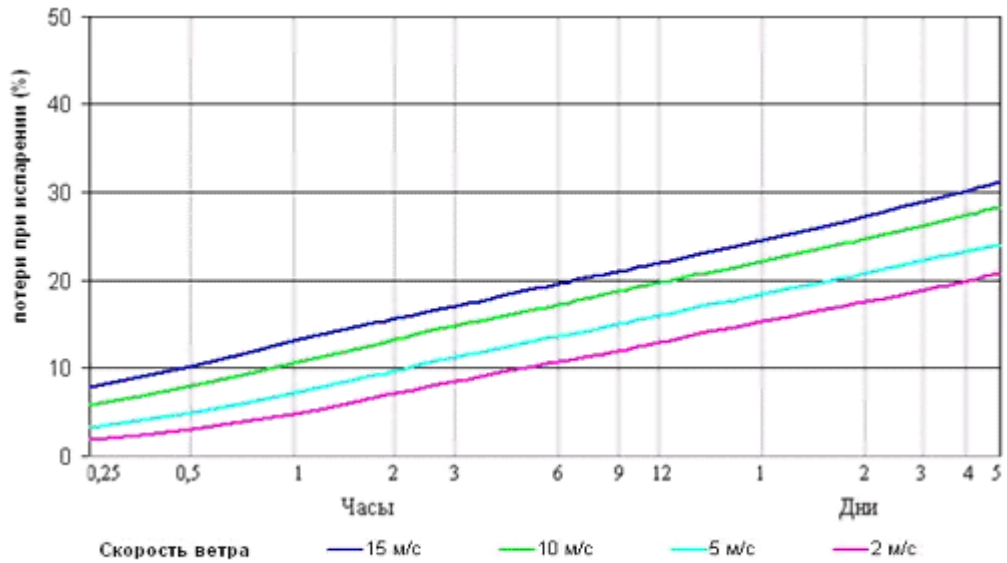


Рис. 5. Прогнозируемые потери при испарении

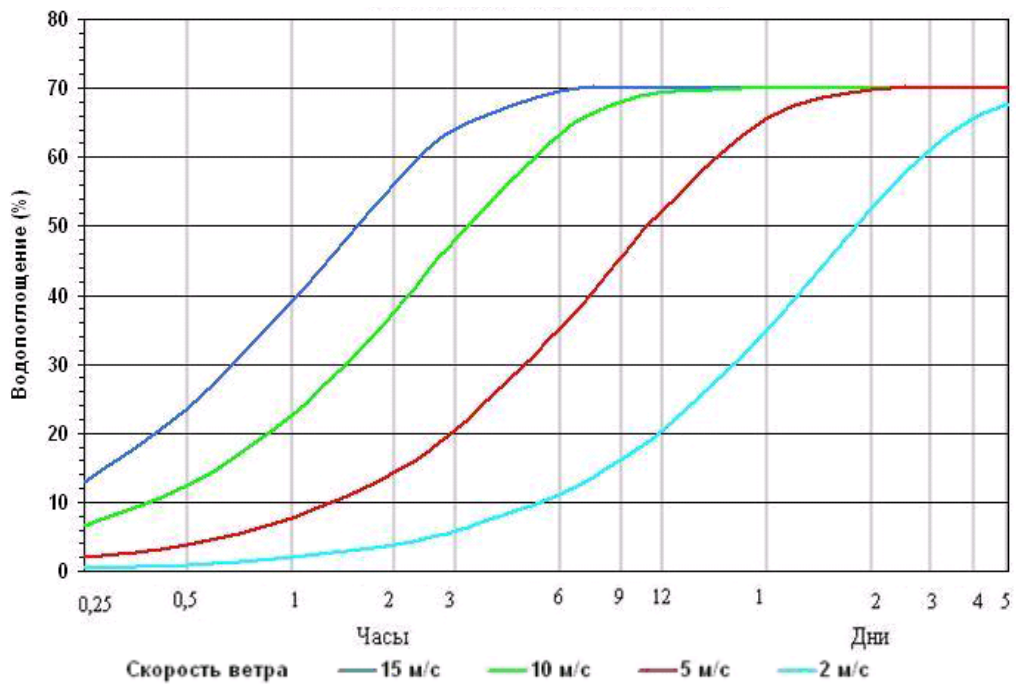


Рис. 6. Прогнозируемое водопоглощение

Литература

Dedkov N. Oilmonitoring in the ports of the Murmansk region and study of oil properties with the view of prognostication of its behaviour in case of accidental spills. *Oil and gas of Arctic shelf-2008: Proceedings of International conference. Murmansk, November 12-14, 2008. Murmansk, MMBI KSC RAS*, p.121-127, 2008.