

# ВОЗДУШНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ МОРСКИХ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ ДОКУМЕНТ

1



## Введение

Воздушная разведка составляет важный элемент мероприятий по эффективной ликвидации последствий в большинстве случаев разлива нефти и применяется для оценки местоположения и распространения нефтяного загрязнения, а также проверки правильности прогнозов перемещения и поведения нефтяного пятна на морской поверхности. Воздушная разведка предоставляет информацию, которая помогает осуществить проведение морских операций и их контроль, а также организовать своевременную защиту находящихся под угрозой загрязнения участков береговой линии и подготовить ресурсы для очистки побережья.

В настоящем Техническом Информационном Документе представлены рекомендации и инструкции по проведению эффективной воздушной разведки.

## Стратегия воздушного наблюдения

На начальной стадии аварийного события информация, получаемая во время рекогносцировочных полетов, зачастую является жизненно важной для установления характера и масштаба загрязнения. Когда это целесообразно, на начальных стадиях ликвидации разлива организации вылетов должно придаваться первостепенное значение. Стратегия воздушного наблюдения и контактные данные соответствующих организаций и операторов воздушных судов должны являться ключевыми составляющими соответствующих планов аварийных мероприятий.

После первоначальной мобилизации должны проводиться регулярные последующие вылеты (Рис. 1). Эти полеты обычно приурочиваются к началу и концу каждого дня с тем, чтобы полученные результаты могли быть использованы на совещаниях по принятию решений для планирования дальнейших операций. Полеты, включая их графики и маршруты, должны проводиться координированным образом во избежание ненужного дублирования мероприятий разными организациями. После того как ситуация с загрязнением будет поставлена под контроль, необходимость в проведении полетов снизится и затем отпадет.

Соображения безопасности имеют первостепенную важность, и перед вылетом пилот самолета должен быть информирован обо всех аспектах рекогносцировочной операции. Участники полета должны заблаговременно получать регулярный и исчерпывающий инструктаж по всем системам и средствам безопасности самолета и действиям в случае аварийной ситуации. Подходящие средства индивидуальной защиты, в частности, спасательные жилеты, должны быть в наличии и использоваться.

При выборе наиболее подходящего летательного аппарата необходимо принимать во внимание местоположение разлива, ближайшей взлетно-посадочной полосы, доступность заправки топливом и расстояние, которое нужно будет преодолеть в ходе разведочного полета. Самолет, используемый для воздушного наблюдения, должен быть оборудован соответствующими навигационными средствами и обеспечивать возможность кругового обзора. Например, высокое расположение крыла у самолета с неподвижным крылом обеспечивает более качественную видимость (Рис. 2). Маневренность вертолетов представляет преимущество при полетах над прибрежными водами, например, при обследовании сложной береговой линии с отвесными скалами, бухточками и островками. С другой стороны, при полетах в открытом море необходимость в быстрых изменениях скорости, направления и высоты полета не столь велика, и в этом случае характеристики скорости и дальности самолета с неподвижным крылом делают его более предпочтительным. При выборе самолета необходимо принимать во внимание его крейсерскую скорость, так как слишком высокая скорость ограничивает возможности наблюдения и фиксирования нефтяного разлива, а при слишком низкой скорости снижается дальность полета. При обследованиях в открытом море важна дополнительная безопасность, обеспечиваемая двухмоторными



▲ Рис. 1: Воздушное наблюдение позволяет быстро определять характер и масштаб загрязнения. Однако для использования времени полета с максимальной выгодой необходима тщательная предварительная подготовка.

или многомоторными самолетами, который может в любом случае составлять требование согласно государственным нормативным документам.

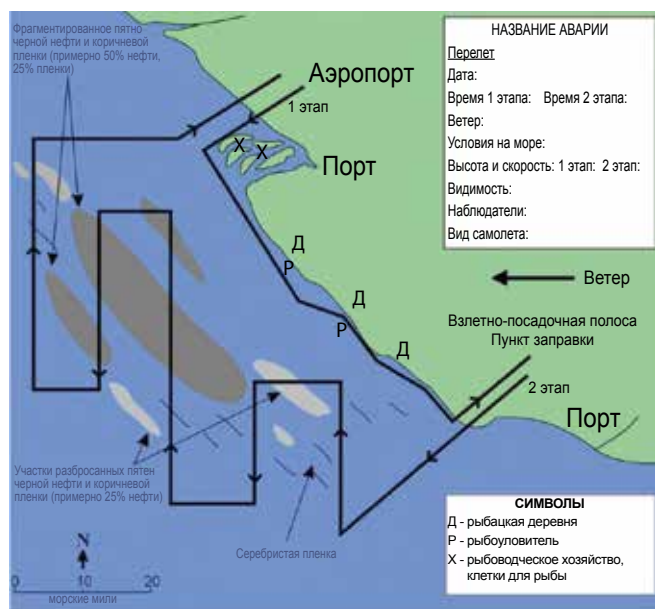
Число лиц, которые могут принимать участие в полете, ограничивается типом и размером самолета. Количество пассажиров на борту может существенно влиять на расход топлива малыми воздушными судами с неподвижным крылом, в особенности вертолетами, что также влияет на продолжительность и дальность полета. Если в рекогносцировочном полете принимают участие двое или более наблюдателей, они должны работать в тесном контакте, сравнивая и выверяя результаты наблюдения. Ведущий наблюдатель, задающий направление пилоту, должен иметь опыт воздушного наблюдения и способность точно обнаруживать, распознавать и регистрировать нефтяное загрязнение на море. Как минимум один наблюдатель должен участвовать во всей серии полетов, чтобы изменения в его отчетах отражали истинные изменения характера загрязнения, а не различия в восприятии разными наблюдателями.



▲ Рис. 2: Идеальными платформами для воздушного наблюдения нефти на поверхности акватории являются двухмоторные самолеты с высоко расположенным неподвижным крылом. Вертолеты могут быть предпочтительнее для проведения наблюдений вблизи побережья благодаря более высокой маневренности и более низкой скорости.

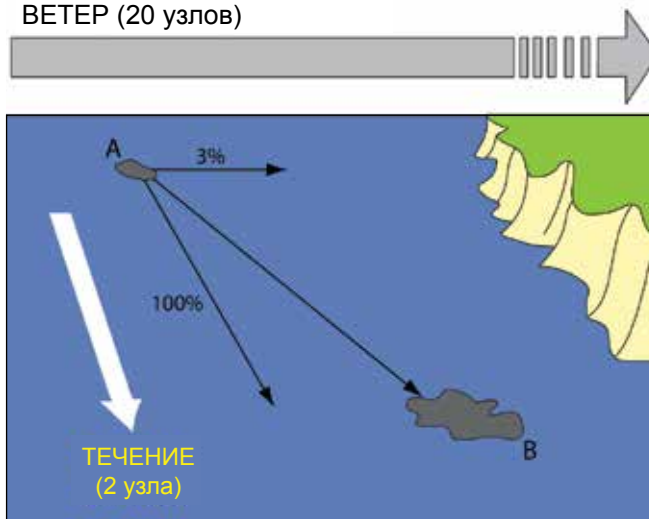
## Подготовительные работы к воздушному наблюдению

Полеты должны планироваться так, чтобы начинаться и заканчиваться при естественном освещении, достаточном для наблюдения морской поверхности или береговой линии. Погодные условия, такие как туман, пасмурность, низкая облачность, снег и проливной дождь, могут также мешать наблюдениям и делать вылеты нецелесообразными.



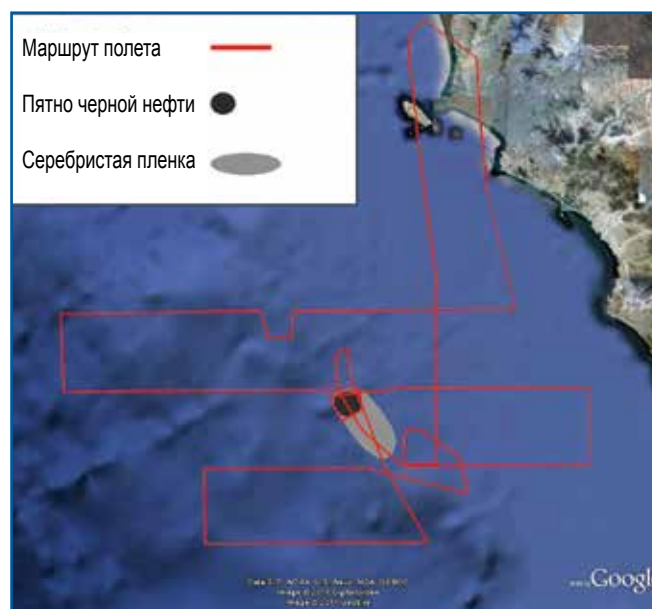
▲ Рис. 4: Пример карты, иллюстрирующей траекторию полета и распространение наблюдаемой нефти. В ходе рекогносцировочного полета может наблюдаться и регистрироваться ряд других характеристик. Это может включать определение характера работ по ликвидации разлива и очистке в море и на суше, определение местоположения зон с уязвимыми природными ресурсами, такими как места обитания живой природы, а также зон, представляющих экономическую ценность, например, благоустроенных объектов, промышленных площадок и площадок морского фермерства. Нанесение на карту траектории полета служит для обозначения обследованных участков. Поиск по "лестничной схеме", описанный выше, был приспособлен к ожидаемому распространению нефти, условиям видимости и освещенности.

ВЕТЕР (20 узлов)



▲ Рис. 3: Влияние ветра и течения на перемещение нефти в море.

План полета должен быть разработан заблаговременно и согласован с пилотом и соответствующими службами до посадки. План должен учитывать всю имеющуюся информацию, которая максимально уменьшит зону поиска, например, данные предшествующих наблюдений и прогнозируемую траекторию распространения нефти. Кроме того, должны быть отмечены полетные ограничения, некоторые из которых могут особо предписываться в результате разлива. Например, могут запрещаться пролеты над потерпевшим аварию судном, полеты в иностранном или сопряженном с военными действиями воздушном пространстве или в некоторых экологически



▲ Рис. 5: Траектория полета над зоной инцидента в Южной Америке, отображенная на Google Earth. Для определения местоположения нефти был проведен поиск с северного направления по типовой "лестничной схеме". Затем самолет совершил круг по периферии нефтяного пятна для более близкого наблюдения с последующим продолжением лестничного поиска на юг для определения всей протяженности нефтяного пятна.

уязвимых зонах, где возможно нанесение вреда живой природе (например, гнездовые колонии птиц или детные залежки тюленей).

Результаты наблюдений могут регистрироваться в портативном или планшетном компьютере с соответствующими картами, загруженными с картографических веб-сайтов, или с использованием морских электронных карт. Подсоединенный портативный приемник Глобальной навигационной спутниковой системы (GPS) может использоваться для нанесения координатных точек с целью обозначения местоположения и других характеристик наблюдаемого разлива нефти. В качестве запасного варианта при использовании любой компьютерной системы следует применять фрагменты или копии бумажных карт и схем соответствующего масштаба для нанесения пометок и комментариев в ходе полета. Некоторые базисные данные могут быть выделены, например, местоположение источника разлива и соответствующие береговые ориентиры. Может быть полезным нанесение на бумажную карту координатной сетки, позволяющей легко идентифицировать любую позицию координатами или расстоянием до радиомаяка и направлением на него.

Задача прогнозирования местонахождения нефти упрощается при наличии данных по ветрам и течениям, поскольку эти факторы влияют на перемещение плавающей нефти. Эмпирическим путем было установлено, что плавающая на поверхности нефть перемещается по ветру со скоростью, равной примерно 3% скорости ветра. При наличии поверхностных течений на перемещение под действием ветра накладывается дополнительное перемещение нефти со скоростью, равной 100% скорости морского течения. При прогнозировании перемещения нефти вблизи суши необходимо принимать во внимание силу и направление приливно-отливных течений, тогда как на удалении от берега воздействие других океанских течений является преобладающим над циклическим характером приливов и отливов. Таким образом, зная преобладающие ветры и течения, можно прогнозировать скорость и направление перемещения плавающей нефти от известного на данный момент местоположения, как проиллюстрировано на Рис. 3. Предполагаемые траектории движения нефтяного пятна могут быть выстроены компьютерными моделями различной степени сложности, однако точность как компьютерных моделей, так и простых вычислений вручную зависит от точности используемых гидрологических данных и достоверности прогнозов скорости и направления ветра.

Ввиду ошибок, присущих прогнозированию перемещения нефти, часто бывает необходимо запланировать проведение систематического воздушного поиска для установления наличия или отсутствия нефти на большой площади морской поверхности. "Лестничный поиск" во многих случаях является наиболее экономичным методом площадного



▲ Рис. 6: Характерные особенности и береговые ориентиры (такие, как выступающие холмы и маяки) составляют очевидные базисные точки при обследовании береговой линии.



▲ Рис. 7: Поддержание связи между членами летного экипажа и всеми наблюдателями важно для сверки наблюдений и обсуждения изменений в плане проведения полета в свете этих наблюдений.

обследования (Рис. 4 и 5). При планировании поисковых работ следует обратить должное внимание на видимость, высоту и вероятную продолжительность полета, запас топлива, а также на любые другие рекомендации пилота. Плавающее нефтяное пятно имеет тенденцию к удлинению и ориентированию параллельно направлению ветра, принимая форму длинных и узких полос, типично отстоящих на расстоянии 30-50 метров друг от друга. Для повышения вероятности обнаружения нефти рекомендуется организовать "лестничный поиск" поперек направления преобладающего ветра. Расстояние между "ступеньками" лестничного поиска будет определяться видимостью во время полета.

Другими факторами, которые могут влиять на обнаружение нефти, являются атмосферная дымка и отражение света от поверхности моря. Нефть часто легче всего обнаруживается при положении солнца позади наблюдателя, и наиболее целесообразным может оказаться совершение полета по схеме поиска в направлении, отличающемся от первоначально запланированного. При некоторых условиях освещенности для обнаружения нефти в море могут быть полезны солнцезащитные очки с поляризующими линзами.

## Регистрация данных и составление отчетов

Наблюдаемое во время полета фактическое загрязнение может отличаться от ожидаемой ситуации, несмотря на тщательное прогнозирование и планирование систематического "лестничного поиска". В этой связи важно иметь в виду непредвиденные обстоятельства и необходимость внесения соответствующих корректив в ходе полета для повышения вероятности обнаружения нефтяного пятна и построения его полного очертания при одновременном выдерживании логичного и эффективного плана полета.

Высота проведения поиска обычно определяется преобладающей видимостью. Высота в 1000-1500 футов (300-450 метров) часто является оптимальной для достижения максимальной площади обзора без потери визуальной четкости в открытом море в ясную погоду. Однако для подтверждения наличия нефтяного пятна или для анализа его вида потребуется снизиться до половины этой высоты или еще ниже. Скорость полета в 80-90 узлов (1 узел = 1,852 км/час) и высота в 400-500 футов (120-150 метров) часто оказываются полезной исходной точкой для вертолетов при полетах недалеко от побережья и при отсутствии каких-либо ограничений, накладываемых пилотом или характером береговой линии. В ходе полета при необходимости эти параметры могут дополнительно корректироваться.

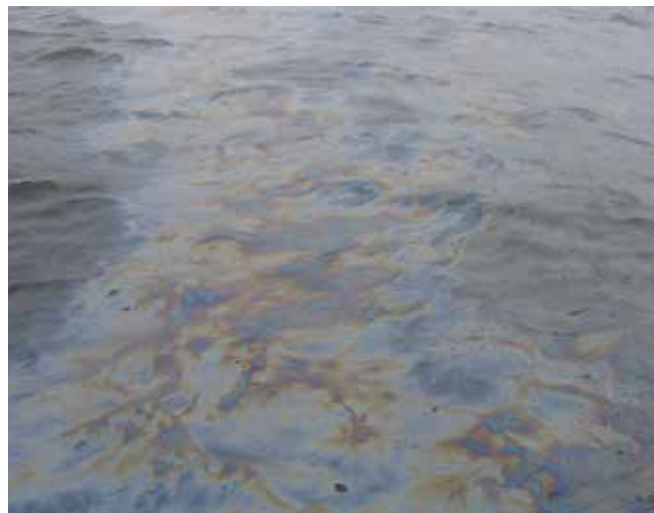
Характеристика	Данные	Комментарий		
Местоположение и размер	Широта и долгота (желательно по GPS) положения нефтяных пятен  Показания GPS для центра или контуров крупных пятен	Важно сохранять восприятие масштаба, с тем чтобы размер наблюдаемого на воде не завывался при регистрации. Полезно установить мысленную картину расстояния на обратном пути полета, замечая и отмечая распознаваемые наземные ориентиры. При наблюдении больших участков, загрязненных нефтью, присутствие каких-либо судов может быть полезным для выверки масштаба пятен. Для подтверждения правильности визуальных расчетов полезно давать регулярные ссылки на показания GPS.		
Цвет	Для нефтяных пятен: Черный, Коричневый, Оранжевый  Для нефтяной пленки: Серебристый, Переливчатый (радужный)	Цвет дает важное представление о толщине нефтяного слоя. Коричневый или оранжевый цвет нефтяных пятен указывает на вероятное присутствие водомасляной эмульсии. При ликвидации разлива нефти цвет нефтяной пленки можно не учитывать, поскольку она представляет пренебрежимо малое количество нефти, не может быть в достаточном количестве удалена или обработана иным способом при существующих технических методах и, по всей вероятности, будет легко рассеяна естественным путем. В зависимости от обстоятельств, вопросы нефтяной пленки могут часто опускаться в окончательном отчете, выпускаемом после полета.		
Характер	Полоса, Пятно, Участок, Лента	Наблюдатели должны избегать слишком многословных предложений и последовательно придерживаться однажды выбранных терминов.		
Особенности	Передний край	При возможности идентифицировать толстый слой нефти, характеризующий передний край пятна, последний должен обозначаться утолщенной линией на картах и описываться в прилагаемых отчетах.		
Форма		Для концентрации действий по ликвидации разлива на участках наиболее значительного загрязнения нефтью важно иметь информацию об относительных и самых высоких концентрациях. Во избежание получения искаженных видов при оценке распространения загрязнения необходимо смотреть на нефть вертикально вниз. Точное определение %-ного охвата затруднительно, и в этой оценке рекомендуется не стремиться к слишком высокой точности. Схемы могут использоваться в качестве справочного руководства. Более опытные наблюдатели, возможно, смогут провести интерполяцию промежуточного охвата.		
<p>Принятие общих терминов может также служить для определения количества нефти, присутствующей на заданном участке. В совокупности расчет %-ного охвата и использование выбранных терминов представляет последовательный и универсальный метод для описания количества нефти на участке со степенью точности, достаточной для принятия решений по ликвидации разлива.</p>				
Следы <10%	Рассеивание 25%	Пятнистость 50%	Разрывы 75%	Сплошное >90%

▲ Таблица 1: Основные характеристики нефтяного загрязнения, которые должны регистрироваться во время рекогносцировочного полета

Портативные приемники GPS или система GPS на борту воздушного судна позволяют наблюдателям регистрировать географическое положение самолета с тем, чтобы проводить мониторинг развития ситуации с возможностью фиксации изменений, которые могут потребоваться в свете обстоятельств, отмеченных во время полета. Характерные береговые признаки и ориентиры могут сопоставляться с морскими картами при обследовании береговой линии, однако в открытом море на удалении от распознаваемых опорных точек ориентировку легко потерять (Рис. 6). Наблюдатели могут сверяться с приборно-измерительным оборудованием самолета для определения скорости и направления движения в качестве резервного средства. Целесообразно заранее убедиться в том, что снятие показаний с данного оборудования не представит затруднений.

На протяжении всего полета важно поддерживать связь с пилотом и коллегами-наблюдателями для мониторинга развития ситуации, проверки правильности наблюдений, обсуждения и согласования желательных и уместных корректировок полета (Рис. 7). Перед взлетом необходимо получить инструкции у пилота о пользовании наушниками во избежание создания помех связи с другими самолетами и службами управления воздушным движением.

Цифровые фотоизображения предоставляют неоценимую по важности информацию. Данные по местоположению судов и особенности береговой линии необходимо при любой возможности включать в изображения для получения представления о масштабе разлива (Рис. 20). Рекомендуется применять относительно высокую выдержку



▲ Рис. 8 и 9: Большие пятна пленки от разлива промежуточной фракции топливной нефти (IFO 180), наблюдавшиеся с самолета (слева) и позднее в тот же день в непосредственной близости с судна (справа). Пятна содержат участки тонких слоев нефти, распространяющиеся до участков с радужным, а затем с серебристым блеском.



▲ Рис. 10: Полоса черной нефти наблюдается от левого к правому краю изображения. Ветер, дующий поперек нефти, отодвигает эту полосу от наблюдателя с образованием перпендикулярных полос с различным блеском.



▲ Рис. 11: Очень крупные разорванные пятна тяжелой фракции нефти - обратите внимание на отсутствие блеска.



▲ Рис. 12: Часть крупного пятна коричневой/оранжевой эмульсированной тяжелой фракции нефти (IFO 600). После 3-4 недель нахождения в море пятно начало фрагментироваться и спустя некоторое время наконец разделилось на множество мелких пластин и смолистых шариков.



▲ Рис. 13: Разлив тяжелой фракции нефти в результате аварии сухогруза. Груз перемешался с нефтью, что затруднило реалистичный расчет объема разлитой нефти.



▲ Рис. 14: Облачный покров, похожий на пятна черной плавающей нефти.



▲ Рис. 15: Тяжелое дизельное топливо, прибываемое к береговой линии. Бентоническая морская трава и донные скальные формации могут исказить результаты расчетов количества нефти.



▲ Рис. 16: Пятна окаймляющих коралловых рифов могут привести к ошибочным заключениям о присутствии нефти.



▲ Рис. 17: Седиментационные шлейфы, нарушенные течениями на мелководье, похожи на пятна эмульсированной нефти легкой фракции.



▲ Рис. 18: Сток пресной воды из узкой бухточки смешивается с мутной солоноватой водой, создавая видимость сильного местного загрязнения.



▲ Рис. 19: Эмульсированная нефть тяжелой фракции прибывает к берегу ветром и волнами. Толщину нефтяного слоя трудно оценить, так как степень накопления нефти в расщелинах между скалами не поддается точному определению с воздуха.



▲ Рис. 20: Полезно включать в фотографии суда или другие объекты, чтобы получить представление о масштабе загрязнения.

(1/500 секунды) во избежание нечеткого изображения из-за движения и вибрации самолета.

Применение УФ-фильтров и поляризационных светофильтров, которые иногда могут помочь в получении более резкого и четкого изображения нефтяного пятна на воде, бывает полезно для снижения бликов, хотя такие фильтры дают цветовое искажение через самолетные окна, изготовленные из пластика (Рис. 21). Для ведения журнала получаемых фотографий полезны камеры с встроенной GPS. Цифровые изображения можно быстро разослать широкой аудитории для помощи в координации и управлении ликвидацией разлива.

Результаты наблюдений и выводы относительно степени нефтяного загрязнения должны включать четкое описание характера и степени нефтяного загрязнения в море и у побережья и после полета должны быть незамедлительно переданы по инстанции. Путем сравнения данных результатов с информацией, полученной во время предыдущих полетов, можно также получить картину развития ситуации во времени. Характер собираемой информации, надлежащие методы ее регистрации и презентации будут различны в зависимости от масштаба инцидента и степени детализации, необходимой для достижения поставленной цели рекогносцировочного полета. Основные подлежащие регистрации характеристики наблюдаемого нефтяного пятна представлены в Таблице 1 (стр. 5). Рабочие эскизы и аннотации необходимо представить в формализованном виде ручным или электронным способом с целью получения окончательной карты для презентации. Оригиналы эскизов и записей должны сохраняться для потенциального использования в дальнейшей работе.



▲ Рис. 21: Отражение света от морской поверхности иногда может создавать трудности при проведении аэрофотосъемки; УФ-фильтры и поляризационные светофильтры могут быть полезны для повышения резкости изображения нефти.

Видеокамеры могут быть дополнительным средством регистрации наблюдений, однако съемка фильма наблюдателями может быть затруднительна в условиях турбулентности и при маневрировании самолета. Применение ручных видеокамер также имеет ограничения в связи с ограниченным полем обзора через окуляр, что снижает способность наблюдателя быстро осматривать поверхность моря. По этой причине желательно присутствие дополнительного наблюдателя для проведения видеозаписи. При возможности, альтернативным решением могут явиться видеокамеры, смонтированные на самолете.

Ручные видеокамеры позволяют добавлять комментарий, отсутствие которого с достаточной детализацией и в привязке к соответствующим опорным координатам может осложнить последующее координирование видеозаписи с другими наблюдениями, особенно при наличии большого количества отснятого материала и при отсутствии времени для его редактирования. Видеосъемка должна использоваться скорее для дополнения представляемых опытными наблюдателями сообщений, нежели для их замены.

## Внешние признаки нефти

С течением времени в результате процессов выветривания внешний вид нефти и топлива, разлитых в море, претерпевает значительные изменения. Важно, чтобы наблюдатели были знакомы с этими процессами, с тем чтобы наличие разлитой нефти могло быть достоверно обнаружено, и ее характер точно описан.\*

Большинство видов нефти быстро распространяется по обширным участкам морской поверхности. Изначально нефть может иметь вид

Тип нефти	Внешние признаки	Примерная толщина	Примерный объем (м <sup>3</sup> /км <sup>2</sup> )
Нефтяная пленка	Серебристая	>0,0001 мм	0,1
Нефтяная пленка	Переливчатая (радужная)	>0,0003 мм	0,3
Сырая и топливная нефть	Коричневая - черная	>0,1 мм	100
Водонефтяные эмульсии	Коричневая/оранжевая	>1 мм	1000

▲ Таблица 2: Руководство к соотношению между внешним видом, толщиной и объемом плавающей нефти. Хотя значения толщины и объема являются лишь ориентировочными, они показывают, что даже обширные участки пленки содержат относительно небольшие количества нефти. Поэтому для повышения эффективности ликвидации разливов основные действия должны концентрироваться на участках черной или коричневой нефти и эмульсии.



непрерывного пятна, однако под действием циркуляционных течений и турбулентности пятно обычно разрывается на отдельные фрагменты и полосы (Рис. 8–12). По мере распространения нефти и снижения вязкости цвет пятна изменяется от черного или темно-коричневого до радужного с серебристым блеском по краям (Рис. 8 и 9). Нефтяная радужная пленка очень тонкая и хотя она может распространяться на обширную площадь, представляет пренебрежимо малое количество нефти (Таблица 2). Напротив, некоторые виды нефти и мазута имеют чрезвычайно высокую вязкость, и их пятна не претерпевают заметного распространения, а остаются сцепленными с небольшой пленкой по краям или без таковой. Общей особенностью разливов сырой нефти и некоторых видов мазута является быстрое образование водонефтяных эмульсий, которые часто характеризуются коричневой или оранжевой окраской и имеют вид сцепленных пятен (Рис. 12).

Большое количества мусора в воде или разлитый груз (Рис. 13) могут перемешиваться с нефтью, маскируя ее отличительные внешние признаки. Помимо этого, с воздуха бывает трудно отличить нефть от ряда других проявлений, которые часто путают с нефтью (Рис. 14–18). Явления, которые чаще всего ведут к ошибочным сообщениям о присутствии нефти, включают тени от облаков, морскую рябь, различия в цвете двух соседствующих водных масс, взвешенные наносы, плавающие или взвешенные органические вещества, плавающие морские водоросли, цветения водорослей или планктона, пятна морской травы и кораллов на мелководье, а также сточные воды и промышленные сбросы.

Количественная оценка с воздуха загрязнения нефтью береговой линии представляет дополнительные сложности (Рис. 19). Степень проникновения нефти в нижние слои грунта береговой линии, скопления в расщелинах скалистой породы, попадания в мангровые заросли и т.п. не может быть определена с воздуха. Более того, многие особенности береговой линии, например, растительность или изменения породной толщи при наблюдении с дальнего расстояния имеют близкое сходство с нефтью.\*\*

Первоначальные наблюдения, позволяющие предположить разлив нефти, должны подтверждаться пролетами на достаточно малой высоте для позитивной идентификации. При наличии сомнений результаты воздушных наблюдений должны подтверждаться более близким рассмотрением с морского судна (Рис. 8 и 9) или при непосредственном приближении пешком.

## Количественное определение объемов нефти

Точное определение количества наблюдаемой в море нефти может быть невозможно, поскольку может быть сложно оценить толщину и площадь покрытия. Тем не менее, расчет объема нефти в пятне до порядка, позволяющего запланировать требуемый масштаб работ по ликвидации разлива, может оказаться возможным рассчитать путем рассмотрения определенных факторов. Ввиду имеющих место неопределенностей, результаты таких расчетов должны рассматриваться с большой осторожностью.

Маловязкие виды нефти распространяются очень быстро, и поэтому нефтяные слои быстро достигают средней толщины примерно в 0,1 мм. Толщина нефтяного слоя может значительно варьироваться в границах разлива или пятна нефти - от менее 0,001 мм до более 1 мм. При разливе более вязких видов нефти толщина нефтяного слоя может оставаться на уровне более 0,1 мм. Внешний вид нефти может в некоторой степени указывать на толщину пятна (Таблица 2). Некоторые виды нефти образуют эмульсию в результате включения крошечных капелек воды, которые увеличивают объем нефтяного пятна. Достоверная оценка содержания воды невозможна без проведения лабораторного анализа, но характерным является содержание воды на уровне 50-75%. Толщина эмульсионного слоя может значительно варьироваться в зависимости от вида нефти, погодных условий на



▲ Рис. 22: Разливы в ледовых водах трудно поддаются количественной оценке.

море и от того, является ли эмульсия плавающей или удерживается барьером, например, боновым ограждением или береговой линией. Ориентировочно может использоваться толщина в 1 мм, но иногда встречаются эмульсионные слои толщиной в 1 см и значительно больше. Измерение толщины эмульсионного слоя и других вязких видов нефти особенно затруднено по причине их ограниченного распространения. При сильном волнении моря также может быть трудно или невозможно заметить виды нефти с более низкой плавучестью, особенно если она подверглась влиянию атмосферных явлений, поскольку такая нефть может затопляться волнами и в течение значительного времени находиться у самой поверхности. В холодной воде некоторые виды нефти с высокой температурой застывания затвердевают с образованием непредсказуемых форм, и вид этих плавающих форм может ввести в заблуждение относительно общего объема разлитой нефти. Наличие плавучих льдин и снега может скрывать большое количество нефти или всю нефть и еще больше исказит общую картину (Рис. 22).

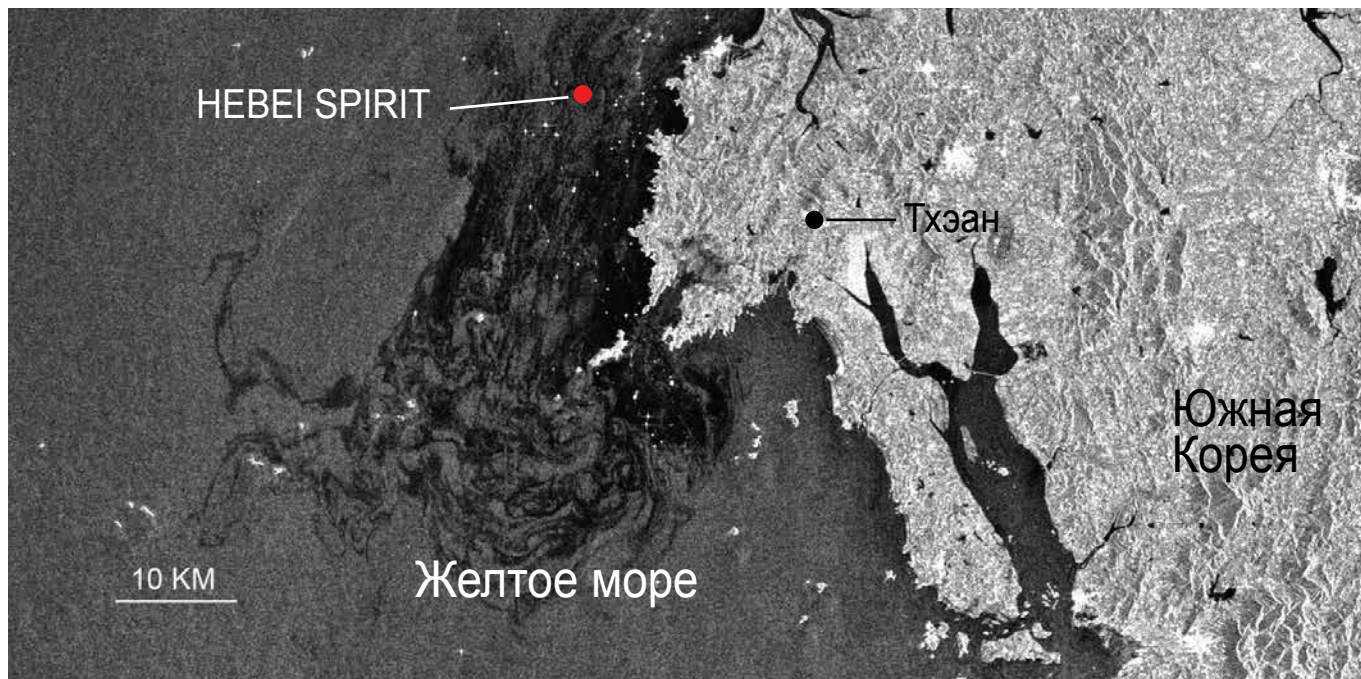
Для расчета количества плавающей нефти необходимо определить не только ее толщину, но и площадь распространения наблюдаемого загрязнения различными видами нефти (Таблица 1). Пятнистому характеру плавающей нефти необходимо уделить должное внимание, поскольку расчет должен отражать фактическую площадь поверхности нефти относительно общей затронутой разливом акватории. Площадь затронутой разливом акватории должна быть определена во время полета, и в этом случае для точной регистрации границ основных затронутых участков будут полезны портативные приемники GPS. При отсутствии оборудования GPS протяженность распространения нефти должна определяться путем хронометрированного пролета с постоянной скоростью над загрязненной поверхностью.

Представленный ниже пример иллюстрирует процесс расчета количества разлитой нефти.

Во время рекогносцировочного полета, выполнявшегося с постоянной скоростью в 250 км/час, были замечены нефтяная эмульсия и серебристая пленка, плавающие на участке акватории, длина и ширина которого потребовали для пролета 65 и 35 секунд соответственно. Процентное покрытие пятнами эмульсии было оценено в 10%, а процентное покрытие пленкой в 90%. На основе этих данных можно

\* См. отдельный Технический Информационный Документ, описывающий поведение морских разливов нефти.

\*\* См. отдельный Технический Информационный Документ, описывающий распознавание нефти на береговой линии.



▲ Рис. 23: Изображение со спутника с усовершенствованным радиолокатором с синтетической апертурой (ASAR) восточного участка Желтого моря, полученное примерно через 3,5 дня после разлива нефти из танкера HEBEI SPIRIT после его крушения у побережья уезда Тхэан Южной Кореи. Нефть перемещается в основном в южном направлении с ветром и течением, распространяясь по большому участку акватории. Изображение было получено спутником Envisat 11 декабря 2007 года и любезно предоставлено Европейским космическим агентством (ESA). Авторские права защищены.

рассчитать, что длина загрязненного участка акватории составляет:

$$\frac{65 \text{ (секунд)} \times 250 \text{ (км/час)}}{3600 \text{ (секунд за один час)}} = 4,5 \text{ км}$$

Аналогичным образом, ширина участка составляет:

$$\frac{35 \times 250}{3600} = 2,4 \text{ км}$$

Это дает общую площадь равную приблизительно 11 квадратным километрам или 3,3 квадратным морским милям.

В рассмотренном примере объем эмульсии может быть рассчитан как равный 10% (охват) площади 11 (км<sup>2</sup>) x 1000 (приблизительный объем в м<sup>3</sup> на км<sup>2</sup> из Таблицы 2). Поскольку 50-75% этой эмульсии приходится на воду, объем присутствующей нефти будет составлять примерно 275-550 м<sup>3</sup>. Аналогичный расчет для объема пленки дает 90% от величины 11 x 0,1, что эквивалентно приблизительно 1 м<sup>3</sup> нефти.

Этот пример служит также для демонстрации того, что, хотя пленка может покрывать относительно большую площадь морской поверхности, ее доля в объеме присутствующей нефти пренебрежимо мала. Следовательно, для точной отчетности наблюдатель должен уметь отличать нефтяную пленку от более плотных нефтяных пятен.

## Дистанционное обследование

Для регистрации распространения нефти на поверхности акватории широко используются камеры, чувствительные к видимому свету, которые могут дополняться бортовой телеметрической аппаратурой, которая обнаруживает радиацию за пределами видимого участка спектра и предоставляет дополнительную информацию о нефти. Системы наблюдения с помощью телеметрической аппаратуры рутинно используются для выявления, мониторинга и определения источника морских сливов нефти, но могут также служить для мониторинга аварийных разливов нефти. Работа этих датчиков основана на принципе различения свойств морской поверхности, вызванных наличием нефти. Большинство наиболее распространенных комбинаций датчиков включают бортовой радиолокатор бокового обзора (SLAR), тепловые ИК (IR) и УФ (UV) системы формирования изображения с обзором нижней полусферы. Дополнительная информация может быть предоставлена такими системами, как ИК устройства обзора в передней полусфере (FLIR), микроволновые радиометры (MWR), лазерные флуоресцентные сенсоры (LF) и компактные бортовые спектрографические формирователи изображения (CASI). Для использования и анализа показаний таких датчиков требуется специально обученный персонал, поскольку аналогичные результаты могут быть получены и от выбросов не нефтяного характера, а также природных явлений. Хотя развитие технологии привело к уменьшению размеров оборудования, многие дистанционные системы измерений остаются громоздкими и могут использоваться только со специальных самолетов, на которые они установлены. Можно использовать ручные камеры FLIR, которые могут составить портативную систему дистанционных измерений, не ограниченную рамками определенного типа самолета.

Датчики UV, тепловые датчики IR, датчики систем FLIR, MWR и CASI являются пассивными датчиками, измеряющими испускаемое или отраженное излучение. За исключением, возможно, MWR, они не способны проникнуть через облачный покров, туман, мглу или дождь, поэтому их применение ограничено периодами ясной погоды. Датчики систем SLAR и LF включают активный источник излучения и полагаются на сложный электронный анализ отраженного сигнала для

детекции нефти и, в случае применения LF, предоставляют некоторое определение вида нефти. Радиометры MWR могут предоставлять информацию о толщине нефтяного пятна на поверхности моря, но только если нефть не образовала эмульсию. Системы формирования изображения MWR и LF представляют собой инструменты исследования, и в большинстве случаев датчики, использующие данную технологию, могут предоставлять информацию о нефти только в узкой полосе непосредственно под самолетом. Датчики MWR, LF и IR могут использоваться в ночное время при ясном небе. Сигнал радиолокационных систем проникает через облака и туман, днем и ночью, и такие системы могут работать при практически любых условиях, хотя они менее эффективны как при безветрии, так и при сильном ветре.

Для нивелирования недостатков отдельных датчиков и предоставления более качественной информации о протяженности и характере нефтяного разлива обычно применяется комбинация различных устройств. При разливах нефти достаточно широко используются комбинированные системы SLAR и IR/UV. Радиолокатор SLAR может использоваться на достаточной высоте для быстрого сканирования обширной площади размером до 20 морских миль по обе стороны самолета, однако SLAR не способен отличить очень тонкие слои пленки от более толстых нефтяных пятен, поэтому изображения от этого радиолокатора должны интерпретироваться с осторожностью. Самолет, оборудованный комбинацией систем SLAR и IR, может определить общий размер пятна с помощью SLAR, а затем после определения местоположения нефти предоставить качественную информацию о толщине пятна и участкам более сильного загрязнения с помощью изображений, полученных от IR-датчиков. В дневное время комбинация датчиков IR/UV может выполнить аналогичную функцию, хотя дальность является ограниченной по сравнению с вариантом применения SLAR. UV-датчик выявляет всю площадь распространения нефтью вне зависимости от толщины, в то время как тепловой IR-датчик способен при соответствующих условиях контурировать достаточно толстые слои.

Сигналы от всех типов датчиков обычно отображаются на дисплее и регистрируются бортовым оборудованием самолета. Для эффективного использования результирующих изображений при операциях по ликвидации разливов данные должны быть переданы в командный центр, верно интерпретированы и затем представлены в кратком и доступном формате. Для правильной интерпретации

данных, полученных от дистанционных сенсорных систем, обычно рекомендуется получить подтверждение выводов путем визуальных наблюдений.

Присутствие нефти на воде также может обнаруживаться дистанционными датчиками, установленными на спутнике, и поскольку такие изображения охватывают обширные участки акватории, они могут давать исчерпывающую картину об общей степени загрязнения (Рис. 23). Используемые датчики включают те, которые работают в видимой и инфракрасной областях спектра, а также радиолокатор с синтезированной апертурой (SAR). Оптическое наблюдение нефти требует дневного освещения и ясного неба, что значительно ограничивает применение таких систем. Работа системы SAR не ухудшается с присутствием облаков, и поскольку она не полагается на отраженный свет, эта система сохраняет работоспособность и в ночное время. Однако РЛ видовой информация часто включает ряд аномальных особенностей или ложных распознаваний сигналов, которые могут ошибочно приниматься за нефть, например, сигналы от морского льда, водорослевого цветения, ветровых теней и шквалистого дождя, и поэтому требует толкования квалифицированными специалистами. Еще один недостаток всей спутниковой визуальной информации состоит в том, что периодичность прохождения спутника над одними и теми же участками составляет от нескольких дней до нескольких недель, в зависимости от его конкретной орбиты. Временной интервал может быть частично преодолен путем запрашивания сигналов от более чем одной спутниковой платформы и, где это возможно, путем избирательного позиционирования угла раствора антенны спутника. Кроме того, бортовые системы обычно должны получать инструкции о представлении видовой информации с определенного представляющего интерес участка, что требует перспективного планирования.

После получения информации она пересылается с наземной приемной станции для последующего толкования, с тем чтобы исключить любые ложные распознавания сигнала. Для многих спутников эта неизбежная задержка минимальна, что обеспечивает предоставление услуги почти в реальном масштабе времени. Таким образом, спутниковая визуальная информация может составить эффективное оперативное средство для руководства мероприятиями по ликвидации нефтяных разливов.

## Основные выводы:

- Первоначальная оценка разлива является существенно важной для определения степени загрязнения и позволяет ликвидаторам четко разработать стратегию последующих действий. Это наилучшим образом достигается с воздуха.
- Воздушные наблюдения позволяют определить перемещение нефти, ее внешние признаки и объем.
- Тщательная подготовка перед вылетом обеспечит получение максимальной пользы от полета.
- Явления, не связанные с разливом нефти, а также трудности в оценке толщины нефтяного слоя могут помешать правильной интерпретации наблюдений.
- Телеметрическая аппаратура может дополнить визуальные наблюдения, но она должна использоваться с осторожностью, поскольку эти системы регистрируют и другие признаки, которые ошибочно могут быть приняты за признаки нефти.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ДОКУМЕНТЫ

- 1 Воздушное наблюдение морских разливов нефти
- 2 Поведение морских разливов нефти
- 3 Применение боновых заграждений при ликвидации разливов нефти
- 4 Применение диспергентов для обработки нефтяных разливов
- 5 Применение скиммеров при ликвидации разливов нефти
- 6 Установление наличия нефти на береговой линии
- 7 Очистка береговой линии от нефти
- 8 Применение сорбентов при ликвидации разливов нефти
- 9 Избавление от нефти и мусора
- 10 Лидерство, командование и управление при разливах нефти
- 11 Последствия нефтяного загрязнения для рыбного промысла и морского фермерства
- 12 Последствия нефтяного загрязнения для социальной и экономической деятельности
- 13 Последствия нефтяного загрязнения для окружающей среды
- 14 Отбор проб и мониторинг морских разливов нефти
- 15 Подготовка и предъявление исков о возмещении ущерба от нефтяного загрязнения
- 16 Разработка планов ликвидации аварий для морских разливов нефти
- 17 Ликвидация морских разливов химических продуктов

ИТОПФ - некоммерческая организация, созданная владельцами мирового танкерного флота и их страховщиками для эффективной ликвидации морских разливов нефти, химических продуктов и других вредных веществ. Технические услуги организации включают реагирование на аварийные ситуации, предоставление консультаций по методам очистки от загрязнения, оценку нанесенного ущерба, помощь в составлении планов ликвидации разливов и предоставление обучения. ИТОПФ является источником исчерпывающей информации о нефтяном загрязнении морской среды, и данный технический документ является одним из серии, документирующей опыт технического персонала ИТОПФ. Информация из данного документа может быть воспроизведена с предварительно полученного согласия ИТОПФ. Для получения дополнительной информации, пожалуйста, свяжитесь с нашей организацией.



### ITOPF Ltd

1 Oliver's Yard, 55 City Road, London EC1Y 1HQ, United Kingdom

Тел.: +44 (0)20 7566 6999

Факс: +44 (0)20 7566 6950

Круглосуточная связь:

+44 (0)20 7566 6998

E-mail: [central@itopf.org](mailto:central@itopf.org)

Веб-сайт: [www.itopf.org](http://www.itopf.org)