

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛИКВИДАЦИОННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПРИ ПОПАДАНИИ НЕФТИ В ГОРНЫЙ ВОДОТОК

Сафаров А.М.

ООО «Востокнефтегазстрой»

Миниغازимов Н.М.

ООО «КогалымНИПИнефть»

Фатьянова Е.В., Хатмуллина Р.М.

ГУ Управление государственного аналитического контроля

Предложено инженерно-техническое решение для локализации водонефтяной эмульсии на горных реках. Для перевода эмульгированных нефтепродуктов в пленочную нефть необходимо строить каскад водоперепускных дамб и водоотстойных котлованов. Для эффективного расслоения водонефтяной эмульсии необходимо учитывать длину котлована.

Для принятия ответственных и адекватных мер при авариях и чрезвычайных ситуациях (ЧС) различной степени тяжести необходим большой практический опыт, а также систематизированная информация, накопленная в процессе исследования поведения нефти в реальных условиях конкретных аварий и последующих поставарийных мероприятий.

Поскольку смоделировать аварийную ситуацию в лабораторных условиях с учетом всех природных, ситуационных и технологических факторов невозможно, использование результатов натуральных наблюдений для выявления зависимости интенсивности нефтяного загрязнения от сочетания вышеперечисленных факторов на момент аварии представляется очень перспективной задачей.

Масштабность загрязнения водотоков нефтью определяется в основном количеством излившейся нефти и дальностью распространения нефтяного загрязнения. В свою очередь дальность распространения нефти в водотоке зависит не только от количества поступившей нефти и технологических аспектов (профиля трассы трубопровода, качества нефти), но и от формы присутствия основной массы нефти в водотоке, что во многом определяется сочетанием природных факторов (гидрологических характеристик водотоков, географических и климатических условий) [1].

При этом необходимо учитывать, что эффективно локализуется и устраняется из водотоков только нефтяная пленка. Растворенные и взвешенные формы нефти не поддаются локализации и сбору, и, как правило, составляют незначительную часть от общего загрязнения. Наиболее опасным видом нефтяного загрязнения является водонефтяная эмульсия, поскольку традиционные приемы ее локализации и сбора нефти с помощью боновых заграждений практически бесполезны [2]. Для этого необходимо эмульгированные нефтепродукты перевести в пленочные. Технически доступным способом достижения этой цели является сооружение каскада водоперепускных дамб.

Рекомендации по строительству водоперепускных сооружений, представленные в документах нефтяных компаний [3], в первую очередь призваны обеспечивать необходимую перепускную способность дамбы при сохранении ее устойчивости.

Дамбы строятся на участках «спокойного течения» с использованием естественных складок местности или путем искусственного углубления русла и сооружения насыпи с установленными в нее «гусаками» (рис.1). Отслоившаяся нефть откачивается из котлована вакуумными насосами и нефтесборщиками, вода с помощью «гусака» направляется на следующую дамбу.

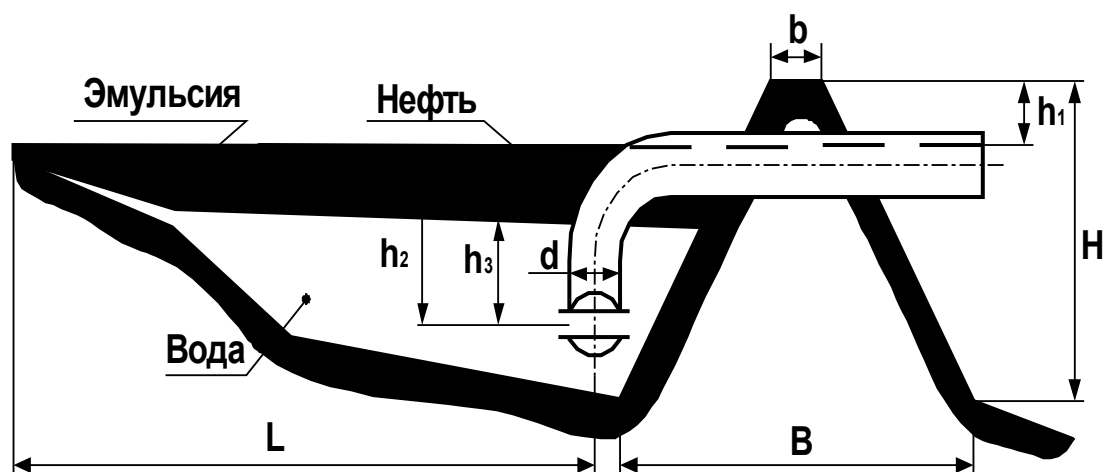


Рисунок 1. Схема водоперепускной дамбы

Формулы для расчета размеров дамбы с учетом параметров водотока приведены ниже [1].

Ширина нижнего основания насыпи-дамбы рассчитывается по формуле:

$$B = 2H + b, \quad (1)$$

где $b = 1 \div 3$ – ширина гребня дамбы, м;

$$H = h_1 + h_2 + 0,5d – \text{высота дамбы, м;} \quad (2)$$

$$h_1 \geq 0,5 – \text{высота дамбы над уровнем воды в котловане, м;} \quad (3)$$

$$h_2 \geq 2,5d – \text{глубина погружения «гусака» в котлован, м;} \quad (4)$$

d – диаметр водоперепускной трубы, м;

При подготовке и устройстве дамб должно соблюдаться условие:

$$Q_2 = Q_{2i} \cdot n = 1,15 \cdot Q_1, \quad (5)$$

где Q_1 – расход воды в водотоке, м³/с;

Q_2 – расход воды через трубы, уложенные в “теле” дамбы, м³/с;

Q_{2i} – расход воды через одну трубу, м³/с.

Также должно выполняться условие:

$$F_1 V_1 \leq F_2 V_2, \quad (6)$$

где F_1 – живое сечение поперечника реки водотока, м²;

F_2 – сумма живых сечений труб, уложенных в “теле” дамбы, м²;

V_1 – скорость течения реки до строительства дамбы, м/с;

$$V_2 = V_1 \cdot 0,8 – \text{скорость истечения воды по трубам, м/с.} \quad (7)$$

Площади сечений определяются по формулам:

$$F_1 = \left(\frac{a_1 + c_1}{2} \right) h_p = \left(\frac{P}{2} \right) h_p = \frac{Q_1}{V_1}, \text{ м}^2, \quad (8)$$

$$\text{где } P = a + c, \quad (9)$$

a – ширина дна реки, м;

c – ширина реки по урезу, м;

h_p – высота (глубина) потока воды в реке, м.

$$F_2 = \frac{\pi d^2}{4} \cdot n, \text{ м}^2, \quad (10)$$

где d – диаметр труб, уложенных в дамбе, м;

n – количество труб, уложенных в дамбе, шт.

Расчет каскада водоперепускных дамб

Каскад водоперепускных дамб рассчитан для конкретной аварийной ситуации, имевшей место на горной реке Улуир, когда нефть стекала в реку по рельефу местности и в эмульгированном виде быстро распространялась вниз по течению. Боны, установленные в устье р. Улуир, задерживали нефтяную пленку на поверхности воды, однако значительная часть эмульгированной нефти уходила по глубине. Таким образом, боны не явились эффективным средством локализации нефтяного загрязнения, и единственно правильным способом было сооружение каскада водоперепускных дамб и водоотстойных котлованов.

Исходные данные, необходимые для расчета каскада водоперепускных дамб на р.Улуир приведены в табл.1

Таблица 1

Гидрологические характеристики р.Улуир и размеры дамбы

Гидрологические характеристики р.Улуир	Значение
Расход воды в реке (Q_1), м ³ /с	1,8
Глубина реки (h_p), м	0,5
Скорость течения реки до строительства дамбы (V_1), м/с	2,0
Размеры дамбы	
Ширина гребня дамбы (b), м	1,0
Высота дамбы над уровнем воды в трубе (h_1), м	0,5
Диаметр водоперепускной трубы (d), м	0,7

Глубину погружения «гусака» в котлован рассчитывали по формуле (4):

$$h_2 \geq 2,5d = 2,5 \cdot 0,7 \geq 1,75 \text{ м} = 1,8 \text{ м.}$$

Высоту дамбы рассчитывали по формуле (3.2):

$$H = h_1 + h_2 + 0,5d = 0,5 + 1,8 + 0,5 \cdot 0,7 = 2,65 \text{ м.}$$

Ширину нижнего основания насыпи-дамбы рассчитывали по формуле (1):

$$B = 2H + b = 2 \cdot 2,65 + 1,0 = 6,3 \text{ м.}$$

Площадь живого сечения поперечника реки водотока определяли по формуле (8):

$$F_1 = \frac{Q_1}{V_1} = \frac{1,8}{2,0} = 0,9 \text{ м}^2.$$

Количество труб, уложенных в дамбе, определяли исходя из равенств (5), (7) и (10):

$$n = \frac{1,15Q_1}{Q_{2i}} = \frac{1,15Q_1}{\left(\frac{\pi d^2}{4}\right) \times 0,8V_1} = \frac{1,15 \times 1,8}{\left(\frac{3,14 \times 0,7^2}{4}\right) \times (0,8 \times 2,0)} = 3,3$$

Таким образом, для сооружения водоперепускной дамбы необходимо 4 трубы диаметром 0,7 м.

При отсутствии плесовых участков на большом протяжении русла реки необходимо выбрать место для сооружения искусственного котлована, размеры которого определяются с учетом размеров сооружаемой дамбы и времени нахождения в нем водонефтяной эмульсии, достаточного для ее расслоения.

Расчет параметров котлована

Котлован предполагается строить путем углубления и расширения русла реки перед дамбой с целью создания участка спокойного течения. Как уже было показано выше, размеры котлована будут определяться временем расслоения водонефтяной эмульсии. Известно, что в первые моменты после попадания нефти в воду на поверхности собирается от 80 до 90 % от ее общего количества [4]. Из результатов проведенного нами лабораторного эксперимента следует, что для расслоения эмульсии достаточно 1 минуты. При этом эффективность расслоения достигает 85 %. Учитывая непредсказуемость сочетания природных условий, формирующих водонефтяную эмульсию, для расчета котлована можно принять эффективность расслоения не менее 60 %. При строительстве необходимо также учесть, что в начале водотока эмульгированность водонефтяной смеси будет существенно ниже, чем в устье реки, то есть время расслоения эмульсии будет возрастать по мере ее удаления от места аварии. Поскольку место строительства котлована, особенно на горном водотоке, будет определяться в большей степени географическими условиями местности и техническими возможностям доставки туда ремонтной техники, время расслоения эмульсии (от 1 до 10 минут) в каждой конкретной аварийной ситуации будет уточняться экспериментально.

Площадь поперечного сечения котлована предлагается рассчитывать по формуле:

$$F_3 = \left(\frac{a_1 + c_1}{2} \right) h_k, \text{ м}^2, \quad (10)$$

где F_3 – сечение водоотстойного котлована, м^2 ;

a – ширина дна котлована, м;

c – ширина котлована по урезу, м;

$h_k = H - h_1$ – глубина котлована, м.

Длину котлована предполагается рассчитывать следующим образом:

$$L = \frac{Q_3}{F_3} \times t = \frac{2Q_3 \times t}{(a_3 + c_3) \times (H - h_1)} = \frac{2 \times 1,8 \times t}{(a_3 + c_3) \times 2,15} = \frac{1,67t}{(a_3 + c_3)}.$$

Таким образом, длина котлована зависит от ширины дна котлована и ширины котлована по урезу, а также от времени расслоения водонефтяной эмульсии на данном участке реки; указанные параметры подбираются экспериментально с учетом естественных складок местности.

Ниже на рис.2 приведены графики зависимости длины котлована от ширины дна и ширины котлована по урезу воды, построенные для различных значений времени расслоения водонефтяной эмульсии.

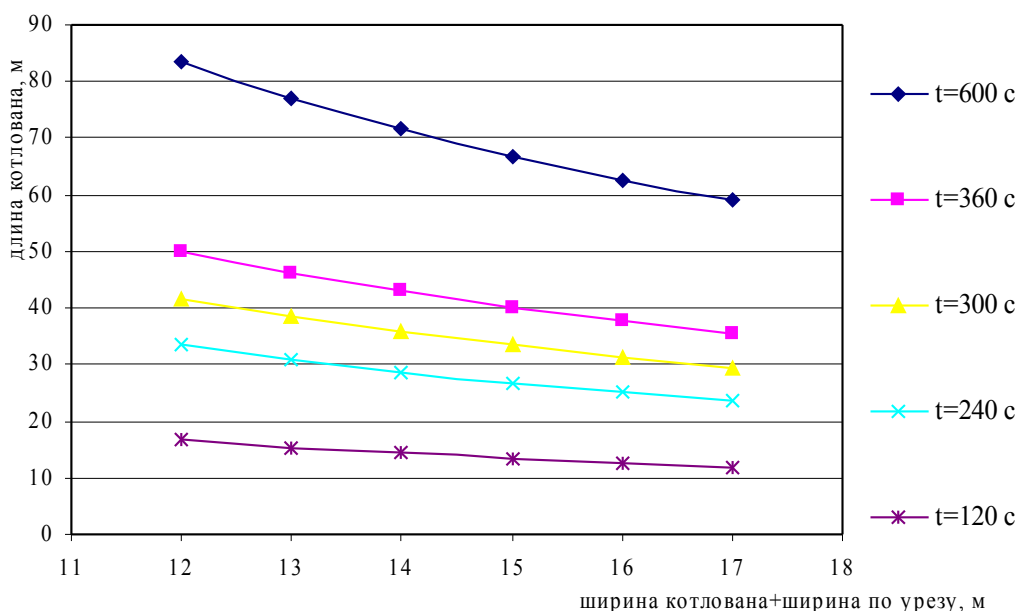


Рисунок 2. Графики зависимости длины водоотстойного котлована на р. Улуир от ширины дна и ширины котлована по урезу воды при различных значениях времени расслоения водонефтяной эмульсии

Таким образом, исходя из рис. 2, при времени расслоения водонефтяной эмульсии $t = 300$ с, ширине дна котлована $a_3 = 5$ м и ширине котлована по урезу воды $c_3 = 12$ м длина котлована будет составлять 29,5 м.

Выбор мест для строительства дамб на реке Улуир

Оптимальное расположение водоперепускных дамб на реке Улуир сначала было определено по топографической карте, а затем по месту с учетом естественных складок рельефа. Строительство дамб необходимо начинать сразу на нескольких участках русла, с тем, чтобы перехватить максимально возможное количество нефти, распространяющейся в реке со скоростью водотока. Первый элемент каскада (котлован с водоперепускной дамбой) рекомендовано соорудить в 1 – 2 км ниже места аварии, последний – в устье р.Улуир. Для обеспечения защиты водотока реципиента – реки Ай от остаточных количеств нефти рекомендуется установить боновые заграждения на плесовых участках реки ниже устья р.Улуир на расстоянии 0,1; 1 и 5 км. При определении места установки бон следует учитывать, что скорость движения нефтяной пленки ниже, чем скорость реки.

Литература

1. Боровский Б.В., Боровский Л.В., Бухарин С.И. К проблемам локализации и ликвидации нефтяных загрязнений на объектах Минобороны РФ // Геоэкология. – 1997. – № 5. – С. 75-83.
2. Петров С.И., Тюлягина Т.Н., Василенко П.А. Определение нефтепродуктов в объектах окружающей среды // Заводская лаборатория. - 1999. – №9. - том 65. – С.3 – 19.
3. Правила ликвидаций аварий и повреждений на магистральных нефтепроводах: - Руководящий документ РД 153-39.4-114-01.
4. Миронова Р.И. Носкова В.П., Расулова Г.Е. Биодegradация и биосорбция плавающей нефти природными микромицетами // Биотехнология. – 1996. – № 7. – С. 44-48.