

УДК 621.643

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ПРИ АВАРИЯХ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДАХ**

*канд. техн. наук, доц. В.К. ЛИПСКИЙ, канд. техн. наук А.И. ВЕГЕРА  
(Полоцкий государственный университет),  
В.Н. ЖУРАВЛЕВ  
(Новополоцкое предприятие по транспорту нефти «Дружба»),  
А.В. КРИВОЛАПОВ  
(РУП «Гомельтранснефть Дружба», Гомель)*

*Проведенный анализ природы факторов влияния на величину последствий возможных аварий, их систематизация и ранжирование является методической основой для создания системы защиты объектов окружающей среды и минимизации последствий аварии. Учет и понимание действия этих факторов определит структуру системы защиты объектов окружающей среды при авариях на нефтепроводах, а также позволит предпринять оптимальные меры воздействия на данные факторы с целью их устранения либо ослабления их влияния.*

**Введение.** Уровень безопасности при авариях закладывается или обеспечивается на всех этапах жизненного цикла магистральных трубопроводов: прединвестиционной и инвестиционной стадии; стадии нормальной эксплуатации; в послеварийный период. Мерой безопасности трубопроводов служит оценка рисков.

Серьезные недочёты, допущенные на прединвестиционной и инвестиционной стадии существования действующих трубопроводов, находящихся в длительной эксплуатации, и их физический износ на стадии нормальной эксплуатации обуславливали низкий уровень их надёжности [1, 2]. Для решения этой проблемы в последние десятилетия создана и эффективно действует организационно-техническая система по обеспечению надёжности линейной части магистральных трубопроводов [1, 2], основанная на проведении диагностики тела трубы внутритрубными диагностическими снарядами и последующей ликвидации выявленных дефектов путём проведения выборочных и капитальных ремонтов. Функционирование этой системы позволило в значительной мере компенсировать низкое техническое состояние магистральных трубопроводов и обеспечило приемлемый уровень надёжности магистральных трубопроводов, который количественно оценивается значениями «технологического» риска.

В противоположность этому ещё не создана эффективная система защиты, предназначенная для обеспечения безопасности магистральных нефтепроводов на послеварийной стадии, в которой было бы научно обосновано и взаимосвязано принятие и исполнение правовых норм, требований и правил, использование всех видов ресурсов и проведение комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на локализацию и ликвидацию последствий аварий [3]. Особую актуальность имеет создание такой системы для защиты объектов окружающей среды, так как из-за разливов нефти последствия аварий в наибольшей мере проявляются в экологической сфере [3]. Наибольшую опасность разлившаяся нефть представляет для водных объектов [3].

**Факторы влияния на величину последствий возможных аварий.** Методы определения значений «технологического» и «экологического» рисков известны. В основном, также выявлены и систематизированы факторы влияния на риски [4 – 6]. При этом выделяются *факторы, влияющие на возникновение аварий*, и *факторы, влияющие на последствия аварии*. Первые из них используются для определения значений «технологических» рисков; вторые – для определения значений «экологических», «экономических» и «социальных» рисков [5].

Для успешного решения задачи повышения безопасности нефтепроводов *в послеварийный период* необходимо осуществить, как более полный учёт всех *факторов, оказывающих влияние на величину последствий возможных аварий*, так и их всесторонний анализ. При этом будут рассмотрены факторы, влияющие на последствия аварий в экологической сфере, связанные с загрязнением водных объектов.

В ходе анализа все факторы влияния должны быть распределены по двум признакам с учётом:

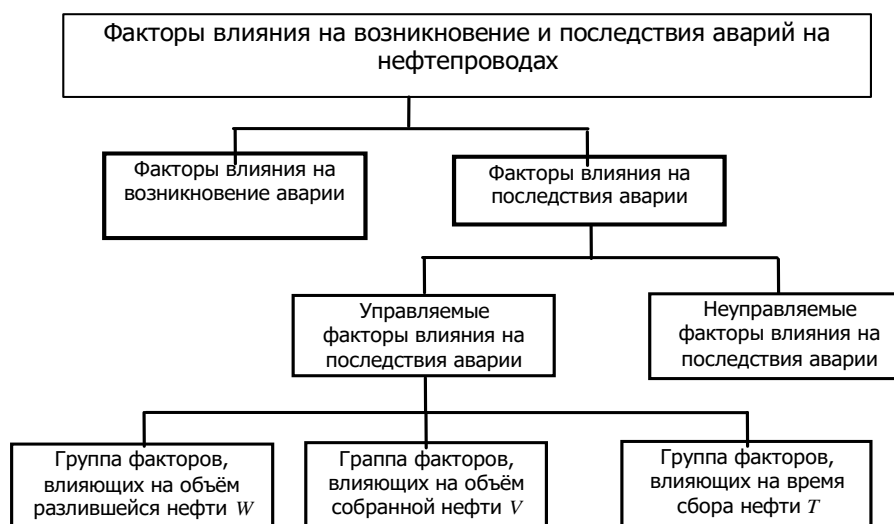
- 1) возможности оказания целенаправленного воздействия на фактор влияния с целью усиления или ослабления (исключения) его действия – управляемые или неуправляемые факторы;
- 2) стадии (период) жизненного цикла нефтепровода на которых:
  - а) закладывается действие фактора влияния;
  - б) проявляется его действие;
  - в) существует возможность оказания на него целенаправленное позитивное воздействие.

Управляемые факторы распределены по периодам жизненного цикла трубопровода, во время которых возможно оказание воздействия на них. Суть действия системы защиты объектов окружающей среды (в частности, водных объектов) состоит в обеспечении позитивных воздействий на управляемые факторы, которые с разной долей эффективности могут осуществляться в послеварийный период и в определённой степени на инвестиционной стадии и стадии нормальной эксплуатации. Следует отметить, что факторы, которые являются управляемыми на одной стадии жизненного цикла, могут быть неуправляемыми на другой стадии.

Система защиты объектов окружающей среды также должна быть направлена на учёт неуправляемых факторов и максимально возможное смягчение или даже устранение их неблагоприятного влияния на всех стадиях жизненного цикла, особенно в послеварийный период.

Анализ природы факторов влияния на величину последствий возможных аварий, их систематизация и ранжирование является методологической основой для создания системы защиты объектов окружающей среды и минимизации последствий аварии. Учет и понимание действия этих факторов определит основные функции системы защиты объектов окружающей среды при авариях на нефтепроводах, а также позволит предпринять оптимальные меры воздействия на данные факторы с целью их устранения либо ослабления их негативного влияния.

На рисунке в качестве примера приведена структура факторов влияния на последствия аварий на нефтепроводах, связанные с загрязнением водных объектов. Данная структура учитывает особенности принятого нами способа оценки экологических последствий загрязнения водных объектов путём подсчёта убытков [4, 5].



Структура факторов влияния на возникновение и последствия аварий на магистральных нефтепроводах

**Квантификация факторов влияния.** Комплексный учёт всей совокупности факторов влияния и интенсивности их действия может служить основой для количественной оценки уровня безопасности нефтепроводов и оценки эффективности системы защиты объектов окружающей среды (в частности, водных объектов) при авариях на магистральных нефтепроводах. Для расчета величины возможных последствий аварий на линейной части магистральных нефтепроводов целесообразно использование метода балльной оценки [7].

Суть метода состоит в том, что выявляются факторы, влияющие на последствия аварий, и с помощью системы баллов, назначенных каждому из факторов влияния на последствия аварии, осуществляется многофакторная оценка их совместного влияния, т.е. последствия аварии квантифицируются с помощью балльной оценки, которая учитывает совместное влияние всех используемых факторов. Степень достоверности оценки последствий зависит от полноты учёта факторов влияния на последствия аварии, которые весьма разнообразны и могут существенно изменяться вдоль трассы магистральных нефтепроводов (МНП). Возможности баз данных трубопроводных организаций, выполняющих перекачку нефти и нефтепродуктов, позволяют без затруднений использовать большое количество фактических данных, в том числе геоландшафтные признаки местности и другие факторы влияния на последствия аварии.

Пользуясь процедурой деления трассы МНП на участки, которая проводится последовательно и независимо по каждому фактору влияния на последствия аварии, осуществляется оценка последствий

аварий (в баллах) вдоль всей трассы. Границами участков служат достаточно заметные изменения этого фактора.

Ранжирование линейной части МНП на участки производится по каждому отдельному фактору влияния на последствия аварии. Балльная оценка возможных последствий от аварии  $Q$  рассчитывается для каждого участка трассы. Диапазон изменения и вклад каждого фактора в обобщенную балльную оценку определяется путем суммирования балльных оценок каждого фактора с помощью «весовых коэффициентов»:

$$Q_n = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J(i)} \rho_i q_{i,j} Q_{i,j}, \tag{1}$$

где  $Q_{i,j}$  – балльная оценка фактора возможных последствий от аварии;  $I$  – количество групп факторов;  $J(i)$  – количество факторов в  $i$ -той группе;  $\rho_i$  – весовой коэффициент группы факторов;  $q_{i,j}$  – весовой коэффициент фактора;  $n$  – участок трассы МНП.

В зависимости от совокупности конкретных значений различных факторов влияния на величину возможных последствий аварий, имеющих место на рассматриваемом участке трассы МНП, величина последствий на нем будет в той или иной степени отличаться от средней для всего МНП. Поэтому, на каждом  $n$ -м участке трассы определяется значение показателя опасности участка трассы  $p_n$ , показывающего, во сколько раз балльная оценка фактора возможных последствий от аварии на  $n$ -м участке  $Q_n$  отличается от средней для данной трассы МНП  $Q^*$ :

$$p_n = \frac{Q_n}{Q^*}. \tag{2}$$

Расчет показателя опасности участка трассы  $p_n$  производится с использованием 100-балльной оценочной системы, при которой каждому фактору ставится в соответствие определенное, назначаемое на основании расчета или экспертной оценки, количество баллов  $Q_{i,j}$ , отражающее интенсивность его влияния. При рассмотрении конкретного  $n$ -го участка трассы последовательно оценивается интенсивность влияния каждого фактора. Полученные для всех факторов влияния балльные оценки  $Q_{i,j}$  подставляются в представленные выше формулы для определения показателя опасности  $p_n$ .

Нами разработана структура факторов, влияющих на величину возможных последствий аварий на линейной части МН. Факторы были разбиты на три группы:

- 1) группа факторов, влияющих на объём разлившейся нефти  $W$  ;
- 2) группа факторов, влияющих на объём собранной нефти  $V$  ;
- 3) группа факторов, влияющих на время сбора нефти  $T$  .

В таблице 1 приводятся группы факторов, влияющие на величину последствий возможных аварий, связанных с загрязнениями водных объектов, и позволяющие оценить эффективность системы защиты окружающей среды при авариях на магистральных нефтепроводах. Определены также значения весовых коэффициентов у групп факторов  $\rho_i$  и каждого фактора в соответствующей группе  $Q_{i,j}$ .

Таблица 1

Группы факторов, влияющие на величину последствий возможных аварий на линейной части МНП

Номер группы и фактора	Наименование групп и факторов	Значения весовых коэффициентов у групп факторов $\rho_i$ и каждого фактора в соответствующей группе $q_{i,j}$
<b>1. Группа факторов, влияющих на объём разлившейся нефти <math>W</math></b>		<b>0,3</b>
$E_{11}$	Техническое состояние нефтепровода	0,6
$E_{12}$	Технические характеристики нефтепровода	0,2
$E_{13}$	Уровень организационно-технического обеспечения диспетчерской службы	0,2

Окончание табл. 1

<b>2. Группа факторов, влияющих на объём собранной нефти V</b>		<b>0,5</b>
E <sub>21</sub>	Уровень организационно-технического обеспечения работы аварийно-восстановительной службы (АВС)	0,5
E <sub>22</sub>	Характеристика водных объектов, подверженных загрязнению	0,15
E <sub>23</sub>	Наличие стационарных сооружений	0,25
E <sub>24</sub>	Геоландшафтная характеристика участков трассы, примыкающих к месту аварии	0,1
<b>3. Группа факторов, влияющих на время сбора нефти T</b>		<b>0,2</b>
E <sub>31</sub>	Техническое состояние нефтепровода	0,3
E <sub>32</sub>	Уровень организационно-технического обеспечения диспетчерской службы	0,3
E <sub>33</sub>	Характеристика профиля трассы в районе аварии	0,4

В таблице 2 приведены значения весовых коэффициентов групп факторов и балльных оценок факторов влияния в каждой из группы, назначенные на основании анализа известных литературных источников [4, 6, 8] и экспертных оценок ведущих специалистов предприятий трубопроводного транспорта нефти.

Таблица 2

Факторы и их признаки, влияющие на величину последствий возможных аварий на линейной части МНП

Номер группы и фактора	Наименование групп факторов, факторов и их признаков (Наименование фактора $F_{ij}$ и стадия, на которой им можно управлять (инвестиционная – <i>inv</i> ; эксплуатационная – <i>exp</i> ; послеаварийная – <i>av</i> ; неуправляемые факторы – <i>н/упр</i> )	Значения весовых коэффициентов у групп факторов $\rho_i$ и каждого фактора в соответствующей группе $q_{i,j}$ , а также значения баллов
<b>1. Группа факторов, влияющих на объём разлившейся нефти W</b>		<b>0,3</b>
E <sub>11</sub>	<b>Техническое состояние нефтепровода:</b> $Q_{11} = \sum_{m=1}^4 Q_{11}^m$	<b>0,6</b>
	<b>m1:</b> Техническое состояние запорной арматуры (уровень технического совершенства и состояния, скорость срабатывания, частота проверки) ( <i>inv, exp</i> ): - отличное состояние - удовлетворительное состояние - неудовлетворительное состояние	10 50 75
	<b>m2:</b> Характеристика приводов запорной арматуры ( <i>inv, exp</i> ): - телемеханика - электрифицированная - ручная	25 50 75
	<b>m3:</b> Надежность системы энергетика для управления запорной арматурой: - имеется дублирование каналов подачи сигналов - не имеется дублирование каналов подачи сигналов	10 75
	<b>m4:</b> Надежность системы связи для управления запорной арматурой: - имеется дублирование каналов подачи сигналов - не имеется дублирование каналов подачи сигналов	10 75
	<b>Технические характеристики нефтепровода:</b> $Q_{12} = \sum_{m=1}^4 Q_{12}^m$	<b>0,2</b>
E <sub>12</sub>	<b>m1:</b> Диаметр нефтепровода (в соответствии с категорией) - до 1000 мм - 1000 мм и более	40 60
	<b>m2:</b> Рабочее давление (не уверен, какую градацию следует принять, например): - до 2,0 МПа - более 2,0 МПа	40 60
	<b>m3:</b> Расположение запорного органа (линейная задвижка, запорный клапан) относительно наклонных участков профиля трассы ( <i>inv, exp</i> ): - способствует минимизации разлива нефти - не способствует минимизации разлива нефти	90 10
	<b>m4:</b> Характер ландшафта трассы (наличие геометрических уклонов профиля трассы) ( <i>н/упр</i> ): - с уклоном в сторону водного объекта - отсутствие уклона - уклон в противоположную сторону от водного объекта	75 10 0

Продолжение табл. 2

E <sub>13</sub>	<b>Уровень организационно-технического обеспечения диспетчерской службы:</b> $Q_{13} = \sum_{m=1}^6 Q_{13}^m$	0,2
	<b>m1:</b> Уровень квалификации диспетчеров (наличие знаний, опыта, подготовки, учебных тренировок) ( <i>exp</i> ): - высокий - хороший	25 50
	<b>m2:</b> Частота проведения учебных тренировок ( <i>inv, exp</i> ): - раз в квартал - раз в год	25 75
	<b>m3:</b> Эффективность системы обнаружения утечек ( <i>inv, exp</i> ): - эффективная (объем/время, чувствительность) - неэффективная - нет	0 25 100
	<b>m4:</b> Надёжность действия линейной телемеханики (уровень технического оснащения диспетчерской) ( <i>inv, exp</i> ): - обеспечена системой линейной телемеханики - не обеспечена системой линейной телемеханики	10 50
	<b>m5:</b> Надёжность действия станционной телемеханики (уровень технического оснащения диспетчерской) ( <i>inv, exp</i> ): - обеспечена системой станционной телемеханики - не обеспечена системой станционной телемеханики	10 50
	<b>m6:</b> Надёжность действия связи ( <i>inv, exp</i> ): - обеспечена системой связи - не обеспечена системой связи	25 75
	<b>2. Группа факторов, влияющих на объём собранной нефти V</b>	<b>0,5</b>
E <sub>21</sub>	<b>Уровень организационно-технического обеспечения работы аварийно-восстановительной службы (ABC):</b> $Q_{21} = \sum_{m=1}^7 Q_{21}^m$	0,5
	<b>m1:</b> Наличие планов ликвидации аварий (ПЛА) ( <i>inv, exp</i> ): - есть (с учетом сезонности) - есть (общий) - нет	10 30 50
	<b>m2:</b> Уровень квалификации персонала ABC (наличие знаний, опыта, подготовки, учебных тренировок) ( <i>exp, av</i> ): - высокий - хороший	25 50
	<b>m3:</b> Частота проведения учебных тренировок ( <i>inv, exp</i> ): - раз в квартал - раз в год	25 75
	<b>m4:</b> Уровень технической оснащённости ABC ( <i>inv, exp</i> ): - соответствует уровню требований норматив-табеля - ниже уровня требований норматив-табеля	0 75
	<b>m5:</b> Наличие подъездных дорог к местам локализации разливов ( <i>inv, exp</i> ): - есть - нет	0 100
	<b>m6:</b> Удаленность от места базирования ABC ( <i>inv, exp</i> ): - менее 30 км - от 30 до 60 км - далее 60 км	20 30 60
	<b>m7:</b> Уровень обустройства трассы ( <i>inv, exp</i> ): - соответствует СНиП - не соответствует СНиП	0 50

Продолжение табл. 2

E <sub>22</sub>	<b>Характеристика водных объектов, подверженных загрязнению:</b> $Q_{22} = K_{кат} \sum_{m=1}^2 Q_{22}^m$	<b>0,15</b>
	<b>m1:</b> Тип водного объекта (водоём, водоток) (н/упр) - судоходная река - несудоходная река шириной более 25 м; озера - несудоходная река шириной менее 25 м; каналы (в т.ч. мелиоративные), ручьи и имеющие сток в реки, находящиеся в 3-х км зоне от оси трубопровода; участки, заливаемые в половодье; болотные ландшафты гидрологически, связанные с водными объектами - каналы (в т.ч. мелиоративные), ручьи, не имеющие сток в реки, находящиеся в 3-х км зоне от оси трубопровода - наличие равнинной местности с большой насыщенностью мелиоративных каналов - другие водные объекты (не используемые в народном хозяйстве)	$Q_{11} = 100$ $Q_{11} = 75$ $Q_{11} = 50$  $Q_{11} = 20$ $Q_{11} = 10$ $Q_{11} = 5$
	<b>Коэффициент категории водного объекта</b> $K_{кат}$ - поверхностные водоемы и водотоки, используемые для рыбохозяйственных целей, централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, а также водоснабжения пищевых предприятий - другие водные объекты	$K_{кат} = 1,1$  $K_{кат} = 0,8$
	<b>m2:</b> Имеется ли система гидрологически связанных водных объектов (н/упр) - имеется, сложная - имеется, несложная - не имеется	100 50 0
E <sub>23</sub>	<b>Наличие стационарных сооружений:</b> $Q_{23} = \sum_{m=1}^3 Q_{23}^m$	<b>0,25</b>
	<b>m1:</b> Наличие локальных стационарных защитных сооружений (inv, exp) - имеется - не имеется	0 50
	<b>m2:</b> Наличие стационарных рубежей удержания нефти на крупных реках (inv, exp) - имеется - не имеется	0 100
	<b>m3:</b> Наличие противопожарных сооружений для локализации и удержания нефти на поверхности земли (inv, exp) - имеется - не имеется	0 100
E <sub>24</sub>	<b>Геоландшафтная характеристика участков трассы, примыкающих к месту аварии:</b> $Q_{24} = \sum_{m=1}^4 Q_{24}^m$	<b>0,1</b>
	<b>m1:</b> Расстояние между местом аварии и ВО (н/упр) Для МН диаметром от 500 до 1000 мм: - менее 150 м - от 150 м до 300 м - от 300 м до 500 м - от 500 м до 1000 м - более 1000 м Для МН диаметром свыше 1000 мм: - менее 200 м - от 200 м до 300 м - от 300 м до 500 м - от 500 м до 1000 м - более 1000 м	$Q_{11} = 10$ $Q_{11} = 5$ $Q_{11} = 3$ $Q_{11} = 1$ $Q_{11} = 0$  $Q_{11} = 10$ $Q_{11} = 5$ $Q_{11} = 3$ $Q_{11} = 3$ $Q_{11} = 0$
	<b>m2:</b> Наличие и направление склонов на местности (н/упр) - с уклоном в сторону водного объекта - отсутствие уклона или уклон в противоположную сторону от водного объекта	$Q_{11} = 50$ $Q_{11} = 0$

Продолжение табл. 2

E <sub>24</sub>	<b>m3:</b> Характер ландшафта трассы (наличие и направление склонов на местности) ( <b>н/упр</b> ): - с уклоном в сторону водного объекта - уклон в противоположную сторону от водного объекта - отсутствие уклона	75 20 10
	<b>m4:</b> Характеристики (нефтеемкость) грунтов в районе аварии ( <b>н/упр</b> ): - низкая (глинистый грунт) - средняя (кварцевый песок, гравий, песок, супесь, суглинок) - высокая (суглинок легкий, торфяной грунт)	$Q_{12} = 10$ $Q_{12} = 30$ $Q_{12} = 50$
<b>3. Группа факторов, влияющих на время сбора нефти T</b>		<b>0,2</b>
E <sub>31</sub>	<b>Техническое состояние нефтепровода:</b> $Q_{31} = \sum_{m=1}^5 Q_{31}^m$	<b>0,3</b>
	<b>m1:</b> Эффективность системы обнаружения утечек ( <b>inv, exp</b> ): - эффективная (объем/время, чувствительность) - неэффективная - нет	0 25 100
	<b>m2:</b> Техническое состояние запорной арматуры (уровень технического совершенства и состояния, скорость срабатывания, частота проверки) ( <b>inv, exp</b> ): - отличное (хорошее) состояние - удовлетворительное состояние - неудовлетворительное состояние	10 50 75
	<b>m3:</b> Характеристика приводов запорной арматуры ( <b>inv, exp</b> ): - телемеханика - электрифицированная - ручная	25 50 75
	<b>m4:</b> Надежность системы энергетика для управления запорной арматурой: - имеется дублирование каналов подачи сигналов - не имеется дублирование каналов подачи сигналов	10 75
	<b>m5:</b> Надежность системы связи для управления запорной арматурой: - имеется дублирование каналов подачи сигналов - не имеется дублирование каналов подачи сигналов	10 75
	<b>Уровень организационно-технического обеспечения диспетчерской службы:</b> $Q_{32} = \sum_{m=1}^6 Q_{32}^m$	<b>0,3</b>
E <sub>32</sub>	<b>m1:</b> Уровень квалификации диспетчеров (наличие знаний, опыта, подготовки, учебных тренировок) ( <b>exp</b> ): - высокий - хороший	25 50
	<b>m2:</b> Частота проведения учебных тренировок ( <b>inv, exp</b> ): - раз в квартал - раз в год	25 75
	<b>m3:</b> Эффективность системы обнаружения утечек ( <b>inv, exp</b> ): - эффективная (объем/время, чувствительность) - неэффективная - нет	0 25 100
	<b>m4:</b> Надёжность действия линейной телемеханики (уровень технического оснащения диспетчерской) ( <b>inv, exp</b> ): - обеспечена системой линейной телемеханики - не обеспечена системой линейной телемеханики	10 50
	<b>m5:</b> Надёжность действия станционной телемеханики (уровень технического оснащения диспетчерской) ( <b>inv, exp</b> ): - обеспечена системой станционной телемеханики - не обеспечена системой станционной телемеханики	10 50
	<b>m6:</b> Надёжность действия связи ( <b>inv, exp</b> ): - обеспечена системой связи - не обеспечена системой связи	25 75

Окончание табл. 2

E <sub>33</sub>	Характеристика профиля трассы в районе аварии: $Q_{33} = \sum_{m=1}^3 Q_{33}^m$	0,4
	<b>m1:</b> Характер ландшафта трассы (наличие и направление склонов на местности) ( <b>н/упр</b> ): - с уклоном в сторону водного объекта - уклон в противоположную сторону от водного объекта - отсутствие уклона	75 20 10
	<b>m2:</b> Сложность выполнения ликвидационных работ (глубина залегания; наличие болот; равнина, склон) ( <b>н/упр</b> ): - повышенная сложность выполнения ликвидационных работ - невысокая сложность выполнения ликвидационных работ	50 10
	<b>m3:</b> Расположение запорного органа (линейная задвижка, запорный клапан) относительно наклонных участков профиля трассы ( <b>inv, exp</b> ): - способствует минимизации разлива нефти - не способствует минимизации разлива нефти	90 10

### Выводы

Полученные значения показателя опасности на каждом участке трассы МНП позволяют проводить сравнительный анализ величины возможных последствий на каждом участке со средним значением для всей трассы МНП и таким образом характеризовать уровень опасности каждого участка линейной части МНП в послеаварийный период или уровень эффективности системы защиты окружающей среды при авариях на каждом участке трассы МНП.

Учет и понимание действия факторов влияния на величину последствий возможных аварий, определит основные функции системы защиты объектов окружающей среды при авариях на нефтепроводах, а также позволит предпринять оптимальные меры воздействия на данные факторы с целью их устранения либо ослабления их негативного влияния.

Выявление и систематизация факторов влияния по группам позволяет разрабатывать систему защиты объектов окружающей среды на реальной факториальной основе, а квантификация факторов создаёт методологические возможности для количественной оценки уровня экологической безопасности действующих или проектируемых нефтепроводов и оценки эффективности системы защиты природных объектов при авариях.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Васин Е.С. Методы неразрушающего контроля, оценки технического состояния и ремонта магистральных нефтепроводов. – М.: Наука, 2002.
2. Гумеров А.Г., Гумеров Р.С., Гумеров К.М., Безопасность длительно эксплуатируемых магистральных нефтепроводов. – М.: Недр-Бизнесцентр, 2003. – 310 с.
3. Липский В.К. Система защиты водных объектов от загрязнения при авариях на магистральных нефтепроводах Беларуси // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Сер В. Прикладные науки. – 2002. – Т. 1, № 2. – С. 3 – 16.
4. Липский В.К., Вегера А.И., Криволапов А.В. Оценка возможных последствий аварий на нефтепроводах // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Сер. В. Прикладные науки. – 2004. – № 12. – С. 96 – 107.
5. Методика подсчета убытков, причиненных государству нарушением водного законодательства / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 6 января 1995 г.
6. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах. Сер. 27. Вып. 1. – М.: Гос. предприятие Науч.-техн. центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2000. – 96 с.
7. Балльная оценка возможных последствий аварий на нефтепроводах / В.К. Липский, А.И. Вегера, А.Г. Кульбей, А.В. Криволапов: В сб. науч. тр. – Новополоцк: ПГУ, 2003. – Вып. 3. – С. 148 –160.
8. РД 153-39-029-98. Нормы периодичности обследования магистральных трубопроводов внутритрубами инспекционными снарядами. – М.: АК «Транснефть», ОАО ЦТД «Диаскан», 1998.