

## ЭКОЛОГИЯ

УДК 621.643

### ОЦЕНКА ПОСЛЕДСТВИЙ ВОЗМОЖНЫХ АВАРИЙ НА НЕФТЕПРОВОДАХ

*канд. техн. наук, доц. В.К. ЛИПСКИЙ, канд. техн. наук А.И. ВЕГЕРА, А.В. КРИВОЛАПОВ  
(Полоцкий государственный университет)*

*Рассмотрена оценка последствий возможных аварий на нефтепроводах. Показано, что промышленные аварии на магистральных нефте- и нефтепродуктопроводах обладают рядом особенностей. Представлены методики определения возможного экологического ущерба последствий аварий на магистральных нефте- и нефтепродуктопроводах.*

**Введение.** Магистральный трубопроводный транспорт относится к наиболее экологически безопасным видам транспорта [1]. Однако в ряде случаев он может оказывать заметное негативное влияние на окружающую среду. Это влияние различным образом проявляется на стадиях сооружения объектов трубопроводного транспорта и их эксплуатации [2]. На стадии эксплуатации негативное воздействие магистральных трубопроводов на окружающую среду в наибольшей мере проявляется при авариях.

По определению [3,4], авария на магистральных трубопроводах - это «авария на трассе трубопровода, связанная с выбросом и выливом под давлением опасных химических и пожаровзрывоопасных веществ, приводящая к возникновению техногенной чрезвычайной ситуации». Согласно данному определению, характерным признаком аварии является выход из полости трубопровода транспортируемого вещества. Такие аварии могут иметь тяжёлые последствия. Это объясняется тем, что объекты магистрального трубопроводного транспорта, неся в себе огромный запас энергии, содержат большие объёмы опасных веществ - взрывопожароопасных и токсичных жидкостей и газов, которые перемещаются по трубопроводам под большим давлением.

Промышленные аварии на магистральных нефте- и нефтепродуктопроводах (МНП) обладают рядом особенностей:

- основным поражающим фактором при аварии является разлившаяся нефть или нефтепродукт;
- основными объектами воздействия этого фактора являются компоненты природного комплекса;
- наиболее тяжёлые последствия наступают при загрязнении разлившейся нефтью водных объектов, особенно водотоков;
- в связи с тем, что объектом поражения при авариях на МНП являются природные объекты, влияние геологических факторов на характер, развитие и последствие аварии очень велико;
- так как МНП являются протяжёнными объектами, то на различных участках трассы аварии могут происходить в различных условиях;
- в отличие от промышленных аварий, связанных со взрывами, пожарами, выбросами и сбросами токсичных газов и жидкостей, последствия аварий на МНП наступают не стремительно, а в ходе процесса растекания нефти по поверхности земли или водных объектов. Нефть слабо перемешивается и растворяется в воде и, обладая положительной плавучестью, собирается на поверхности воды в виде тонкого слоя или плёнки.

Эти свойства нефти и характер её поведения в воде являются объективными основаниями для проведения работ по локализации и сбору разлившейся нефти, что создаёт возможности для уменьшения её количества, остающегося в окружающей среде после аварии. Оперативное проведение работ по локализации распространения нефти и её сбору может дать заметный экологический, экономический и социальный эффект.

Разлившаяся нефть при определённых условиях может вызвать также действие других поражающих факторов, таких как термическое воздействие при её возгорании и развитии пожара, ударная волна при взрыве нефтяных паров, образующихся при интенсивном испарении разлившихся нефти или нефтепродуктов при высокой температуре окружающего воздуха, и токсичное воздействие этих паров.

Помимо прямого воздействия поражающих факторов, последствия аварий на МНП связаны с убытками от простоя нефтепроводов и потери нефти, затратами на ликвидацию аварии и её последствий, убытками от пожаров или взрывов и ущербами, которые наносятся окружающей среде от непосредственного воздействия нефти. Таким образом, объектами поражения при авариях на МНП могут быть лю-

ди, здания и сооружения, оборудование, населённые пункты, объекты окружающей природы. Следовательно, последствия аварий на МНП проявляются в социальной, экономической и экологической сфере.

По оценкам [5 - 8], последствия аварий в экологической сфере, как правило, по своим масштабам намного превосходят последствия в социальной и экономической сферах. Это объясняется следующими факторами.

1) трассы МНП на значительной части своей протяжённости проходят по малонаселённым территориям, на которых отсутствуют промышленные и социальные объекты, которые в случае аварии могли бы быть подвергнуты воздействию поражающих факторов;

2) при аварийной разгерметизации нефтепровода вылившаяся нефть в большом количестве поступает в окружающую природную среду и распределяется по её компонентам.

Первая из указанных причин ослабляет степень тяжести социальных и экологических последствий, а вторая - усиливает степень тяжести экологических последствий, которые при неблагоприятных стечениях обстоятельств могут принимать характер экологической катастрофы.

Состав и характер последствий аварий на МНП в экономической и социальной сферах являются в той или иной степени типичными для промышленных аварий, и их минимизация может быть, в основном, обеспечена проведением известных профилактических и послеаварийных мероприятий [5, 9].

В противовес этому, экологические последствия аварий на МНП отличаются высокой степенью тяжести, разнообразным характером и сложной структурой [10]. Одной из важных особенностей экологических последствий аварий на МНП является то, что, в отличие от экономических и социальных последствий, экологические последствия в зависимости от своих масштабов могут проявляться на региональном, национальном и международном уровне.

Разлившиеся при аварии трубопроводов нефть или нефтепродукты загрязняют все компоненты природной среды: литосферу (почвы), гидросферу (поверхностные и грунтовые воды), атмосферу и биосферу.

Магистральные нефтепроводы являются линейно-протяженными объектами и проходят по территориям с различными природными ландшафтными условиями. Это является характерной отличительной особенностью магистральных нефтепроводов от площадочных производственных объектов и создаёт специфику в их эксплуатации и обслуживании.

Разнообразие природных ландшафтов, по которым проходят трассы МНП, обуславливает различные сценарии развития аварийной ситуации при авариях на разных участках трассы нефтепровода.

Наиболее сильное влияние на развитие аварии оказывают геоландшафтные факторы. Необходимо отметить двойственную роль, которую эти факторы играют в развитии и формировании последствий аварий: элементы геоландшафта не только являются объектами воздействия поражающих факторов, но и сами активно влияют на развитие аварий и их последствия. Дуалистический характер геоландшафтных факторов проявляется в ходе действия как процессов, имеющих стохастический характер (например, действие метеорологических факторов), так и детерминированных. Детерминированный характер их воздействия проявляется в том, что на каждом участке существуют постоянные геоландшафтные факторы, действие которых подлежит количественному прогнозированию. Они здесь выступают не только как пассивные объекты воздействия поражающих факторов, но и как факторы, которые влияют на интенсивность действия поражающих факторов. Нужно отметить очень сложную взаимную зависимость между характером геоландшафтных факторов и последствиями воздействия поражающих факторов. Геоландшафтные факторы как бы формируют степень воздействия на геосферу.

Характер воздействия разлившейся нефти на элементы окружающей природной среды зависит и от ряда других факторов (технологических, метеорологических и т.п.), но в наибольшей мере - от характера геоландшафта на территории, примыкающей к месту аварии.

Поведение разлившейся нефти. Попадая в природную среду, нефть и нефтепродукты начинают оказывать негативное воздействие на объекты геосферы. На характер распределения нефти между этими сферами природной среды, а также на её поведение в каждой из них оказывают влияние физико-химические характеристики нефти, которые, в свою очередь, зависят от соотношения входящих в состав нефти различных классов углеводородов (парафины, нафтены, ароматика).

Состояние нефти и её поведение во многом определяют характер, развитие и последствие аварии и должны в полной мере учитываться при прогнозе аварий и создании системы защиты. Разлившаяся в результате аварии на МНП нефть вступает в различные виды взаимодействия с компонентами геоландшафта (механическое, физическое, химическое, биохимическое и т.п.) и её поведение после аварии зависит от воздействия факторов внешней среды и присущих ей свойств.

Загрязнение в течение длительного времени сказывается на биологической продуктивности растительного покрова, приводит к отравлению воды токсичными веществами, поражению и уничтожению растительности и живых организмов в реках и других водоёмах.

Магистральные нефтепроводы являются одним из серьезных источников загрязнения нефтью водных объектов. Особенностью этого загрязнения является то, что при аварии в водный объект поступают большие количества токсического вещества - нефти. Особенно тяжелые последствия как в экологическом плане, так и в экономическом наступают при загрязнении водотоков.

Загрязнение водных объектов может происходить не только в случаях, когда авария происходит на подводном переходе или на участке трассы, непосредственно примыкающему к водному объекту, но и тогда, когда авария происходит на некотором расстоянии от водного объекта. В этом случае разлившаяся по поверхности земли нефть стекает по рельефу местности, ложбинам, складкам местности в пониженные места рельефа, попадает в находящиеся там ручьи, малые реки, проточные водоёмы и по системе притоков может достичь русла крупных рек.

Попадая в водный объект, нефть тонкой пленкой покрывает огромные участки водной поверхности, нарушая кислородный, углекислотный и другие формы биологически значимого газового обмена, пагубно воздействуя на планктон, речную и озерную фауну и флору. В процессе распространения нефти по поверхности воды легкие фракции частично испаряются, растворяются, а тяжелые опускаются в толщу воды, оседают на дно и образуют донное загрязнение.

Значительно увеличивается экологический масштаб загрязнения при попадании нефти в водоток, так как течение переносит нефть на большое расстояние, увеличивая площадь загрязнения. На реках с быстрым течением протяженность зоны загрязнения может достигать 70- 150 км.

Картографический анализ белорусских участков трасс нефтепроводов показал, что нефтепроводы проходят по территориям с густой развитой речной сетью.

Для рек Беларуси внутригодовое распределение стока характеризуется высоким весенним половодьем, летняя межень с эпизодическими ливнями, низкая зимняя межень, повышенный осенний сток, это говорит о том, что при загрязнении водотоков характер развития аварийной ситуации различен в разное время года.

Некоторые участки трасс нефтепроводов проходят по территории с развитой сетью мелиоративных каналов, которые сообщаются с более крупными водотоками. Многие малые реки и ручьи канализованы.

Из всех возможных сценариев промышленных аварий на нефтепроводах наиболее тяжёлыми являются те, которые связаны с авариями, происходящими на территориях водосборных бассейнов больших рек. Загрязнение больших рек нефтью при крупных авариях на нефтепроводах может принимать характер экологической катастрофы, а в случае трансграничного переноса разлившейся нефти - создать неблагоприятный для престижа страны международный инцидент.

Основная часть трасс МНП выполнена в подземном исполнении, поэтому при разгерметизации нефтепровода разлившаяся нефть в первую очередь загрязняет землю. Загрязнение земель характеризуется площадью загрязнения и глубиной нефтенасыщенного слоя нефти, образующегося в результате фильтрации нефти в грунт. Площадь загрязнения и глубина нефтенасыщенного слоя зависят от рельефа ландшафта и вида почвы или грунта на месте аварии.

Проникновение разлившейся нефти в грунт может привести к загрязнению нефтью грунтовых вод [11,12].

Действие нефтяных компонентов особенно сказывается на изменении экологической обстановки; пропитывая почву, обволакивая корни, листья, стебли растений и проникая сквозь мембраны клеток, нефть нарушает водно-воздушный баланс среды и организмов, обмен веществ и трофические связи [13].

Нефть, попадая в почвы и воды, привносит с собой разнообразный набор химических соединений, нарушающий сложившийся геохимический баланс в экосистемах. Эти нарушения возникают под действием различных механизмов: изменения физического состояния среды; нарушения ее водновоздушного режима; наличия токсических веществ, ингибирующих деятельность отдельных компонентов биоценоза; изменения миграционной способности отдельных микроэлементов в почве; засоления почв сопутствующими солеными пластовыми водами; образования битуминозно-солончаковых ареалов [13].

Попадая в почву, нефть опускается вертикально вниз под влиянием гравитационных сил и распространяется вширь под действием поверхностных и капиллярных сил. Скорость продвижения нефти зависит от ее свойств, грунта и соотношения нефти, воздуха и воды в многофазной движущейся системе. Чем меньше доля нефти в такой системе, тем труднее ее фильтрация (миграция) в грунте. В ходе этих процессов насыщенность грунта нефтью (при отсутствии новых поступлений) непрерывно снижается [14].

Нефть оказывает ингибирующее влияние на рост и развитие растений, которое обусловлено, очевидно, нарушением экологической обстановки (изменением воздушного, гидротермического режима, агрохимических свойств, связыванием нефтью биогенных элементов - азота, фосфора и т.д.) и прямым воздействием содержащихся в нефти нафтеновых кислот и других токсических углеводородов [15].

При рассмотрении последствий аварий особое место занимает загрязнение нефтью болотных ландшафтов. Болота играют важную роль в биогеоценозе территорий и отличаются сложностью морфо-

логического состава, высокой чувствительностью к загрязнениям и трудностями проведения аварийно-восстановительных работ.

Болотные массивы имеют значительную обводненность, вода в них в основном находится в толще торфяных залежей. Движение нефти в болотном массиве осуществляется главным образом путем фильтрации в растительном покрове и торфяной залежи в направлении градиента напора, а также путем свободного потока по поверхности болота и внутри залежи по водоносным жилам. Концентрируется нефть в верхнем 0,5-метровом слое торфяной залежи, и горизонтальное распространение происходит со скоростью 0,5 км в сутки. Часто болота входят в состав проточных гидрологических систем, и попавшая в них нефть может мигрировать в русла больших рек.

Параллельно с растеканием нефтяного пятна происходит испарение легколетучих компонентов, растворение нефти, фотоокисление, осаждение (в воде) и биологический распад.

При испарении компонентов нефти происходит загрязнение атмосферы [16]. Быстро испаряются компоненты нефти с низкой температурой кипения (головные погоны). Испаряются лёгкие фракции сырых нефтей, оставляя на поверхности менее испаряемые фракции в виде высоковязких остатков. Поскольку наиболее токсичные компоненты одновременно и наиболее летучие, остатки будут сравнительно нетоксичны.

В случае загорания нефти также происходит загрязнение атмосферы ~ за счёт продуктов горения.

Методики определения возможного экологического ущерба. В случае аварии на магистральном нефтепроводе ущерб, нанесенный физическим и юридическим лицам, носит комплексный характер и складывается из экологического, экономического и социального ущербов.

Экологический ущерб - это ущерб, нанесенный природным объектам (водным объектам, земельным и лесным ресурсам, атмосфере), выраженный в стоимостной форме.

Расчет количества нефти, вытекающей из трубопровода при его разгерметизации можно осуществить согласно Методике определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах [17].

В Республике Беларусь существуют ряд методик [18 - 20], которые позволяют определить величину экологического ущерба от загрязнения нефтью или нефтепродуктами компонентов геосферы (земля, водные объекты, атмосфера) и биосферы (растительность, животный мир).

Так, с помощью Методики подсчета убытков, причиненных государству нарушением водного законодательства, можно определить расчет величины возможного ущерба от загрязнения водных объектов нефтью в случае непринятия или принятия мер по ликвидации последствий загрязнения [21]. Размер убытков, причиненных государству загрязнением водного объекта, зависит не только от массы сброшенной нефти, но и от времени ее нахождения в воде. На рис. 1 представлена структура определения ущерба, причиненного государству при загрязнении водного объекта, в случае принятия мер по ликвидации аварии согласно [21].

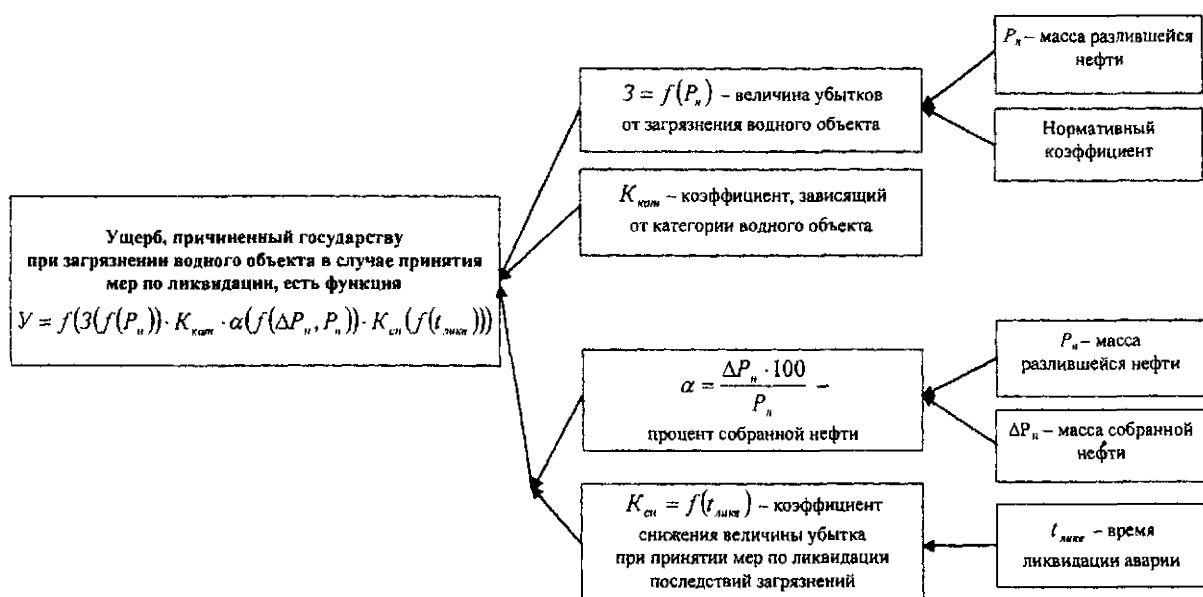


Рис. 1. Структура определения ущерба, причиненного государству при загрязнении водного объекта, в случае принятия мер по ликвидации аварии согласно [21]

Расчет ущерба, причиненного загрязнением земель в случае аварии на магистральном нефтепроводе, приводящей к разливу нефти, производится на основе укрупненных нормативов совокупных затрат на проведение в полном объеме работ по восстановлению загрязненных земель с учетом уровня инфляции, степени и глубины загрязнения земель, природно-климатической и экономической значимости территорий по Временной методике определения экономического ущерба, причиненного загрязнением, деградацией и нарушением земель [19].

Методики, представленные в Положении о порядке расчета и предъявления претензий и исков за сверхнормативное загрязнение атмосферного воздуха [20], определяют порядок расчета в Беларуси сумм, подлежащих взысканию за сверхнормативное загрязнение атмосферного воздуха стационарными и передвижными (транспорт) источниками. Это обстоятельство не позволяет воспользоваться данным положением для расчета ущерба, причиненного загрязнением атмосферы в случае аварии на магистральном нефтепроводе, приводящей к разливу нефти. Ориентировочно данный ущерб можно определить, основываясь на утверждении о том, что ущерб от загрязнения атмосферы в случае разлива нефти составляет приблизительно 10 % от общего экологического ущерба причиненного окружающей среде [16, 22 - 24].

Экономический ущерб включает убытки предприятия за срыв договорных поставок, недополучение прибыли предприятием, в случае снижения производительности нефтепровода, стоимость поврежденных основных фондов предприятия и близлежащих жилых поселков, стоимость ремонтных работ по восстановлению поврежденного участка нефтепровода.

Ущерб, причиненный юридическим лицам, будет складываться из экологической составляющей (загрязнение земель сельскохозяйственного назначения, загрязнение водных объектов) и экономической составляющей (потери нефти и стоимости работ по устранению последствий).

Ущерб, причиненный физическим лицам, складывается из экологической составляющей (загрязнение земель, на которых проведены работы по их рекультивации) и экономической составляющей (уничтожение и повреждение имущества).

Социальный ущерб связан с убытками предприятия в случае гибели людей, потери ими трудоспособности, получением инвалидности, необходимостью реабилитации пострадавших из числа работников предприятия и жителей близлежащих населенных пунктов.

**Определение последствий возможных аварий на линейной части МНП с помощью балльной оценки.** Оценка последствий аварий может быть представлена с помощью различных показателей. Сочетание определенных последствий, квантифицированных какой-то величиной, и вероятности аварии образуют риск аварии. Таким образом, риск приобретает своеобразную «размерность», которая зависит от размерности показателя, выбранного для оценки последствий. Выбор характера показателей последствий аварий зависит от целей и задач, которые ставятся при проведении оценки риска.

При авариях на МНП, сопровождающихся разливами нефти, основные последствия связаны с негативным воздействием на окружающую природную среду [5 - 7], В документе [6] названы ряд показателей, по которым можно оценивать последствия аварий:

- ожидаемые среднегодовые потери товарной нефти;
- ожидаемая среднегодовая площадь загрязнения сухопутных ландшафтов и водных объектов;
- ожидаемый среднегодовой экологический ущерб как сумма штрафных санкций за загрязнение компонентов природной среды;
- показатели, характеризующие эффективную площадь выведения из естественного состояния сухопутных ландшафтов и водных объектов.

Приведенные показатели определяют «размерности» рисков в соответствии с тем, какие из них будут использованы при расчёте оценки риска.

Для расчета величины возможных последствий аварий на линейной части магистральных нефтепроводов целесообразно использование метода балльной оценки [25]. Метод балльной оценки последствий аварий принят в методике [18], а в методике [6] с помощью данного метода производится определение вероятности аварии на линейной части МНП.

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. Наибольший эффект при данном подходе проявляется при оценке экологических последствий, которые в значительной мере зависят от факторов, связанных с геоландшафтными признака-

ми территорий, по которым проложена трасса. Эти признаки весьма разнообразны и могут существенно изменяться вдоль трассы.

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 постоянных значений факторов влияния на последствия аварии* (ПЗ ФВ ПА) служат достаточно заметные изменения значения этого фактора.

Балльная система позволяет оценивать значения последствий аварий в каждой точке трассы с учётом всех фактически действующих в этой точке факторов, а также возможности одновременного загрязнения нескольких компонентов геосферы.

Очевидны достоинства, которыми обладает метод балльной оценки последствий аварий в сочетании с возможностью использования ресурсов баз данных трубопроводных организаций, выполняющих перекачку нефти и нефтепродуктов.

Возможности баз данных позволяют без затруднений использовать большое количество фактических данных, в том числе геоландшафтные признаки местности и другие факторы влияния на последствия аварии. Это в свою очередь позволяет значительно увеличить число *участков постоянных значений факторов влияния на вероятность аварии*, на которое разбивается трасса, обеспечив при этом максимальный учёт изменения факторов, влияющих на вероятность аварий.

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»:

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

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.

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  $n$ -ном участке трассы определяется значение интегрального коэффициента  $p_{en}$ , показывающего, во сколько раз балльная оценка фактора возможных последствий от аварии на участке  $Q_n$  отличается от средней для данной трассы МНП  $Q^*$ :

$$p_{en} = \frac{Q_n}{Q^*}.$$

Расчет коэффициента  $p_{en}$  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  $n$ -ного участка трассы последовательно оценивается интенсивность влияния каждого фактора. Полученные для всех факторов влияния балльной оценки  $Q_{i,j}$  подставляются в представленные выше формулы для определения  $p_{en}$ .

Полученные значения последствий аварий позволяют проводить сравнительный анализ величины возможных последствий на каждом участке со средним значением для всей трассы МНП.

При декларировании безопасности линейной части МНП РУП «Гомельтранснефть Дружба» для проведения оценки последствий аварий авторами статьи (специалистами РУП «Гомельтранснефть Дружба» и кафедры трубопроводного транспорта Полоцкого государственного университета) с помощью балльного метода была разработана методика определения возможных последствий аварий на линейной части МНП. Данная методика опирается на существующую нормативную базу Республики Беларусь в области расчета экологического ущерба от загрязнения компонентов геосферы, а также на многолетний опыт эксплуатации МНП.

Коллективом авторов разработана структура факторов, влияющих на величину возможных последствий аварий на линейной части магистральных нефтепроводов. Факторы были разбиты на три группы (рис. 2):

- 1) величину ущерба в экологической сфере;
- 2) величину ущерба в социальной сфере;
- 3) величину ущерба в экономической сфере.

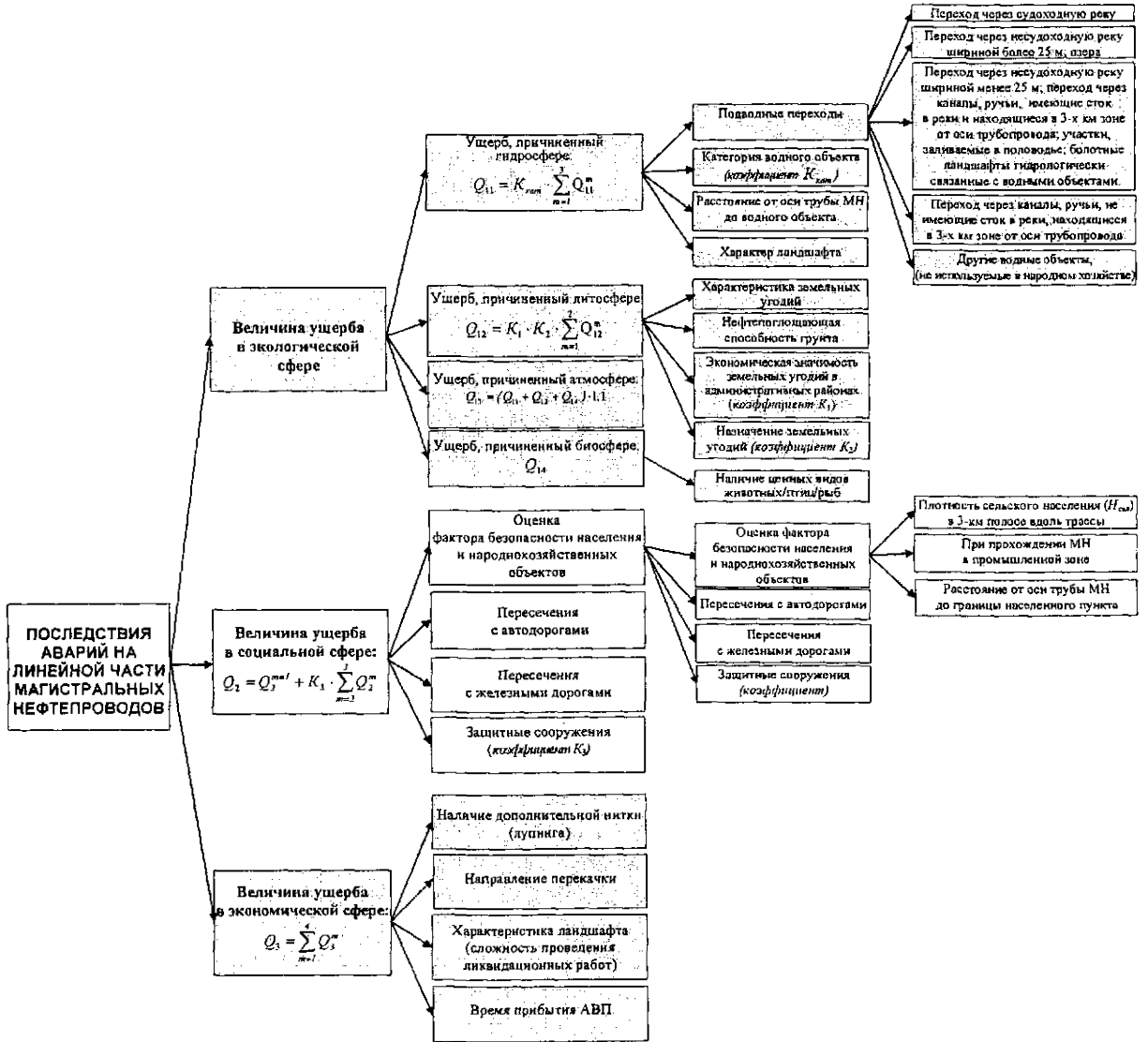


Рис. 2. Структура определения последствий аварий на линейной части магистральных нефтепроводов

Определены значения весовых коэффициентов у групп факторов  $p_i$  и каждого фактора в соответствующей группе  $q_{i,j}$  (табл. 1) и балльная оценка факторов (табл. 2).

Таблица 1

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

№ группы	Наименование группы факторов	Значения весовых коэффициентов у групп факторов $\rho$ и каждого фактора в соответствующей группе $q_{i,j}$
<b>Гр1 Величина ущерба в экологической сфере</b>		<b>0,3</b>
$E_{11}$	Ущерб, причиненный гидросфере: $Q_{11} = K_{кат} \cdot \sum_{m=1}^3 Q_{11}^m$	<b>0,6</b>
	Кoeffициент $K_{кат}$	Категория водного объекта
$E_{12}$	Ущерб, причиненный литосфере: $Q_{12} = K_1 \cdot K_2 \cdot \sum_{m=1}^2 Q_{12}^m$	<b>0,2</b>
	Кoeffициент $K_1$	Экономическая значимость земельных угодий в административных районах
	Кoeffициент $K_2$	Назначение земельных угодий
$E_{13}$	Ущерб, причиненный атмосфере: $Q_{13} = (Q_{11} + Q_{12} + Q_{14}) \cdot 1,1$	<b>0,1</b>
$E_{14}$	Ущерб, причиненный биосфере: $Q_{14}$	<b>0,1</b>
<b>Гр2 Величина ущерба в социальной сфере:</b> $Q_2 = Q_2^{m=1} + K_3 \cdot \sum_{m=2}^3 Q_2^m$		<b>0,5</b>
$E_{21}$	Оценка фактора безопасности населения и народнохозяйственных объектов	<b>0,6</b>
$E_{22}$	Пересечения с автодорогами	<b>0,15</b>
$E_{23}$	Пересечения с железными дорогами	<b>0,25</b>
Кoeffициент $K_3$	Защитные сооружения	
<b>Гр3 Величина ущерба в экономической сфере:</b> $Q_3 = \sum_{m=1}^4 Q_3^m$		<b>0,2</b>
$E_{31}$	Направление перекачки	<b>0,3</b>
$E_{32}$	Наличие дополнительной нитки (лупинга)	<b>0,2</b>
$E_{33}$	Характеристика ландшафта (сложность проведения ликвидационных работ)	<b>0,3</b>
$E_{34}$	Время прибытия АВП	<b>0,2</b>



Таблица 2

Балльная оценка факторов, влияющих на величину возможных последствий аварий на линейной части МНП (100-балльная оценка)

№ группы	Наименование группы факторов	Значения баллов факторов $Q_{i,j}$ и весовых коэффициентов $p_i$ и $q_{i,j}$
1	2	3
<b>Гр1 Величина ущерба в экологической сфере</b>		<b>0,3</b>
$E_{11}$	<b>Ущерб, причиненный гидросфере:</b> $Q_{11} = K_{кат} \cdot \sum_{m=1}^3 Q_{11}^m$	<b>0,6</b>
	$m_1$ Подводные переходы: – переход через судоходную реку – переход через несудоходную реку шириной более 25 м, озера – переход через несудоходную реку шириной менее 25 м – переход через каналы, ручьи, имеющие сток в реки, находящиеся в 3 км зоне от оси трубопровода – участки, заливаемые в половодье – болотные ландшафты гидрологически связанные с водными объектами; – переход через каналы, ручьи, не имеющие сток в реки, находящиеся в 3 км зоне от оси трубопровода – другие водные объекты (не используемые в народном хозяйстве)	$Q_{11} = 25$ $Q_{11} = 15$ $Q_{11} = 10$  $Q_{11} = 5$ $Q_{11} = 3$
	Кoeffициент $K_{кат}$ Категория водного объекта: – поверхностные водоемы и водотоки, используемые для рыбохозяйственных целей, централизованного или нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, а также водоснабжения пищевых предприятий – другие водные объекты	$K_{кат} = 1,1$  $K_{кат} = 0,8$
	$m_2$ Расстояние от оси трубы МНП до водного объекта: для МНП 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 МНП 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	$Q_{11} = 10$ $Q_{11} = 5$ $Q_{11} = 3$ $Q_{11} = 1$ $Q_{11} = 0$  $Q_{11} = 10$ $Q_{11} = 5$ $Q_{11} = 3$ $Q_{11} = 3$ $Q_{11} = 0$
	$m_3$ Характер ландшафта: – с уклоном в сторону водного объекта; – отсутствие уклона или уклон в противоположную сторону от водного объекта	$Q_{11} = 10$ $Q_{11} = 0$
<b>Ущерб, причиненный литосфере:</b> $Q_{12} = K_1 \cdot K_2 \cdot \sum_{m=1}^3 Q_{12}^m$		<b>0,2</b>
$E_{12}$	$m_1$ Характеристика земельных угодий: – пашня и многолетние насаждения, дерновые и дерново-карбонатные почвы – пашня и многолетние насаждения, дерново-подзолистые суглинистые, пойменные дерновые, дерновые глееватые и глеевые почвы – пашня и многолетние насаждения, осушенные торфяно-болотные почвы – пашня и многолетние насаждения, дерново-подзолистые супесчаные, глееватые и глеевые почвы – пашня и многолетние насаждения, торфяно-болотные почвы – пашня и многолетние насаждения, средне- и сильноэродированные, дерново-подзолистые песчаные почвы – природные сенокосы и пастбища, дерновые и дерново-карбонатные почвы – природные сенокосы и пастбища, дерново-подзолистые суглинистые, пойменные дерновые, дерновые глееватые и глеевые, осушенные торфяно-болотные почвы	$Q_{12} = 22,7$ $Q_{12} = 15,3$  $Q_{12} = 13,7$ $Q_{12} = 10,4$  $Q_{12} = 7,1$ $Q_{12} = 5,0$  $Q_{12} = 5,1$ $Q_{12} = 3,4$

Продолжение табл. 2

1	2		3
E <sub>12</sub>	m <sub>1</sub>	– природные сенокосы и пастбища, дерново-подзолистые супесчаные, глееватые и глеевые почвы	Q <sub>12</sub> = 2,3
		– природные сенокосы и пастбища, торфяно-болотные, средне- и сильно-эродированные, дерново-подзолистые песчаные почвы	Q <sub>12</sub> = 1,5
	m <sub>2</sub>	– лес I группы	Q <sub>12</sub> = 5,4
		– лес II группы	Q <sub>12</sub> = 3,35
	Коэффициент K <sub>1</sub>	Нефтепоглощающая способность (нефтеемкость) грунта:	
– низкая (глинистый грунт) – средняя (кварцевый песок, гравий, песок, супесь, суглинок) – высокая (суглинок легкий, торфяной грунт)		Q <sub>12</sub> = 1 Q <sub>12</sub> = 5 Q <sub>12</sub> = 10	
Коэффициент K <sub>2</sub>	Экономическая значимость земельных угодий в административных районах		
	– Мозырский район – Ельский район – Добрушский район – Гомельский район – Речицкий район – Калинковичский район – Петриковский район – Житковичский район – Столинский район – Пинский район – Ивановский район – Дрогичинский район – Кобринский район – Жабинковский район – Каменецкий район	K <sub>1</sub> = 2,1 K <sub>1</sub> = 1,6 K <sub>1</sub> = 2,55 K <sub>1</sub> = 2,95 K <sub>1</sub> = 2 K <sub>1</sub> = 1,75 K <sub>1</sub> = 1,55 K <sub>1</sub> = 2,3 K <sub>1</sub> = 2,4 K <sub>1</sub> = 2,5 K <sub>1</sub> = 2,8 K <sub>1</sub> = 2,3 K <sub>1</sub> = 2,35 K <sub>1</sub> = 2,4 K <sub>1</sub> = 2,7	
	Назначение земельных угодий:		
	– заповедники, заповедные зоны национальных парков, ботанические сады, памятники природы, зоны санитарной охраны – заказники, водоохранные полосы (зоны) рек и водоемов, земли оздоровительного назначения, лесопарковые части зеленых зон – земли рекреационного и историко-культурного значения – прочие земли	K <sub>2</sub> = 3 K <sub>2</sub> = 2 K <sub>2</sub> = 1,5 K <sub>2</sub> = 1	
E <sub>13</sub>	Ущерб, причиненный атмосфере: Q <sub>13</sub> = (Q <sub>11</sub> + Q <sub>12</sub> + Q <sub>14</sub> ) · 1,1		0,1
E <sub>14</sub>	Ущерб, причиненный биосфере: Q <sub>14</sub>		0,1
	Наличие ценных видов животных/птиц/рыб: – бедный животный мир – средний животный мир – богатый животный мир		Q <sub>14</sub> = 1 Q <sub>14</sub> = 3 Q <sub>14</sub> = 5
Гр2 Величина ущерба в социальной сфере: $Q_2 = Q_2^{m=1} + K_3 \cdot \sum_{m=2}^3 Q_2^m$			0,5
E <sub>21</sub>	Оценка фактора безопасности населения и народнохозяйственных объектов		0,6
	m <sub>1</sub>	Плотность сельского населения (H <sub>сел</sub> ) в 3-км полосе вдоль трассы:	
		– при 0 < H <sub>сел</sub> ≤ 50 (чел./км <sup>2</sup> ) – при H <sub>сел</sub> > 50 (чел./км <sup>2</sup> )	Q <sub>21</sub> = 10 Q <sub>21</sub> = 25
	m <sub>2</sub>	При прохождении МНП в промышленной зоне	Q <sub>21</sub> = 50
	m <sub>3</sub>	Расстояние от оси трубы МНП до границы населенного пункта: для МНП 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		Q <sub>21</sub> = 100 Q <sub>21</sub> = 20 Q <sub>21</sub> = 10 Q <sub>21</sub> = 5 Q <sub>21</sub> = 0	
	для МНП 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 <sub>21</sub> = 100 Q <sub>21</sub> = 20 Q <sub>21</sub> = 10 Q <sub>21</sub> = 5 Q <sub>21</sub> = 0	

Окончание табл. 2

1	2		3
$E_{22}$	<b>Пересечения с автодорогами</b>		<b>0,15</b>
	$m_1$	Переход через автомобильную дорогу I или II категории	$Q_{23} = 75$
	$m_2$	Переход через автомобильную дорогу III или IV категории	$Q_{23} = 35$
	$m_3$	Переход через автомобильную дорогу V категории	$Q_{23} = 5$
	$m_4$	Параллельно идущая оси трубы МНП автомобильная дорога для МНП диаметром от 500 до 1000 мм: – менее 75 м для МНП диаметром свыше 1000 мм: – менее 100 м	$Q_{23} = 5$
$E_{23}$	<b>Пересечения с железными дорогами</b>		<b>0,25</b>
	$m_1$	Переход через железную дорогу общей сети	$Q_{24} = 100$
	$m_2$	Переход через подъездные железнодорожные пути	$Q_{24} = 50$
	$m_3$	Параллельно идущая оси трубы МНП железная дорога Для МНП диаметром от 500 до 1000 мм: – менее 75 м Для МНП диаметром свыше 1000 мм: – менее 100 м	$Q_{23} = 10$
Кoeffициент $K_3$	<b>Защитные сооружения</b>		
	Нет		$K_3 = 1$
	Есть	– частота обследования 1 раз в 1 месяц – частота обследования 1 раз в 6 месяцев – частота обследования 1 раз в год	$K_3 = 0,25$ $K_3 = 0,3$ $K_3 = 0,5$
Гр3 Величина ущерба в экономической сфере $Q_3 = \sum_{m=1}^j Q_3^m$			<b>0,2</b>
$E_{31}$	<b>Направление перекачки</b>		<b>0,3</b>
	$m_1$	Внутреннее	$Q_{31} = 1$
	$m_2$	Экспортное	$Q_{31} = 10$
$E_{32}$	<b>Наличие дополнительной нитки (лупинга)</b>		<b>0,2</b>
	$m_1$	Нет	$Q_{32} = 10$
	$m_2$	Есть	$Q_{32} = 0$
$E_{33}$	<b>Характеристика ландшафта (сложность проведения ликвидационных работ)</b>		<b>0,3</b>
	$m_1$	Свободный доступ для проведения восстановительных работ	$Q_{33} = 0$
	$m_2$	Ограниченный доступ для проведения восстановительных работ	$Q_{33} = 5$
	$m_3$	Трубопровод расположен в труднодоступном районе	$Q_{33} = 10$
$E_{34}$	<b>Время прибытия АВП</b>		<b>0,2</b>
	$m_1$	Менее 60 мин	$Q_{34} = 0$
	$m_2$	От 60 до 120 мин	$Q_{34} = 10$
	$m_3$	Больше 120 мин	$Q_{34} = 15$

Заключение, Представленная методика определения последствий возможных аварий на линейной части МНП опирается на существующую нормативную базу Республики Беларусь в области расчета экологического ущерба от загрязнения компонентов геосферы, а также на многолетний опыт эксплуатации МНП республики. Данная методика была апробирована при разработке деклараций безопасности объектов МНП РУП «Гомельтранснефть «Дружба» и может быть рекомендована как для определения возможных последствий аварий на линейной части МНП Беларуси и оценки риска, так и для расчета величины экологического ущерба от загрязнения нефтью и нефтепродуктами компонентов геосферы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Власак П., Липский В.К. Экологические аспекты трубопроводного транспорта // Охрана окружающей среды. - 1982. - Вып. 1. - С. 59 - 62.
2. Мазур И.И., Иванцов О.М., Молдованов О.И. Конструктивная надёжность и экологическая безопасность трубопроводов. - М.: Недра, 1990. - 264 с.

3. ГОСТ Р 22.0.05-94 Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.
4. ГОСТ 22.0.05-97 Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.
5. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Безопасность трубопроводного транспорта. - М.: Знание, 2002. - 752 с.
6. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах. Сер. 27. Вып. 1. - М.: Гос. предпр. Науч.-техн. центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2000.-96 с.
7. Мазур И.И., Молдаванов О.И. Введение в инженерную экологию. - М.; Наука, 1989. - 375 с.
8. Козлитин А.М., Попов А.И. Методы технико-экономической оценки промышленной и экологической безопасности высокорисковых объектов техносферы. - Саратов: Саратов. гос. техн. ун-т, 2000. - 216 с.
9. Аварийно-восстановительный ремонт магистральных нефтепроводов / А.Г. Гумеров, Х.А. Азметов, Р.С. Гумеров, М.Г. Векштейн; Под ред. А.Г. Гумерова. - М.: Недра-Бизнесцентр, 1998. - 271 с.
10. Липский В.К. Система защиты водных объектов от загрязнения при авариях на магистральных нефтепроводах Беларуси // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Прикладные науки. - 2002. - Том 1, № 2. - С. 3- 16.
11. Ким Д.Х., Блохин Ю.И. Опыт защиты подземного водозабора от аварийного разлива нефти // Трубопроводный транспорт нефти. - 1996. - № 6. - С. 14-17.
12. Ким Д.Х., Блохин Ю.И. Опыт локализации и утилизации в подземных водоносных горизонтах // Трубопроводный транспорт нефти. - 1997. - № 2. - С. 19 - 21.
13. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде, - М.: Изд-во Московского ун-та, 1993.
14. Панов Л.Е., Петрешин Л.Ф. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности. - М.: Недра, 1986.
15. Андерсон Р.К., Мукатанов А.Х., Бойко Т.Ф, Экологические последствия загрязнения почв нефтью // Экология. - 1980. - № 6. - С. 21 -23.
16. Мамаев А.Б., Нестерова М.П., Удовенко А.В. Об испарении нефтяных пленок с водной поверхности //Водные ресурсы. - 1991. - № 3. - С. 192 - 195.
17. Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах. Руководящий документ Минтопэнерго РФ, АК «Транснефть». - М.: Транс пресс, 1996. - 67 с.
18. РД 153-39-029-98. Нормы периодичности обследования магистральных трубопроводов внутритрубами инспекционными снарядами. - М.: АК «Транснефть», ОАО ЦТД «Диаскан», 1998.
19. Методика 0212.4-97. Временная методика. Определение размера экономического ущерба, причиненного загрязнением, деградацией и нарушением земель. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 20 мая 1997 г. № 112.
20. Положение о порядке расчета и предъявления претензий и исков за сверхнормативное загрязнение атмосферного воздуха. Утв. Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 10 августа 1995 г.
21. Методика подсчета убытков, причиненных государству нарушением водного законодательства. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. 6 января 1995.
22. Черняев В.Д., Забела К.А. Ликвидация аварий на подводных нефтепроводах // Трубопроводный транспорт нефти. - 1995. - № 3. - С. 15-18.
23. Fingas M.F. An introduction to oil spill behaviour, chemistry, and mathematical modeling // Spill Technology. - 1993. - Vol. 18(4). - October-December.
24. Fingas M., Mansfield B. Oil spills and oil spill cleanup // Spill Technol. Newslett. - 1994. - Vol. 19(4). - October-December. - P. 1 - 9.
25. Балльная оценка возможных последствий аварий на нефтепроводах / В.К. Липский, А.И. Вегера, А.Г. Кульбей, А.В. Криволапов: Сб. научн. тр. Вып. 3. - Новополоцк: ПГУ, 2003.-С. 148 - 160.