

УДК 55:57(069)

**ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК  
НА ТРАССАХ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ  
И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ГЕОЭКОЛОГИЮ ТЕРРИТОРИИ**

**Мякота В.Г.**

*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Среди рисков, которым подвергается магистральный трубопровод, особое место занимает инженерно-геологический риск, который включает в себя как природную, так и антропоцентрическую составляющую. Его реализация во многом определяется не только природными воздействиями, но и человеческим фактором, а также критериями ценности территории.

In the article considers the geotechnical risk in the main pipeline. Geotechnical risk includes both the natural and anthropocentric component. The author considers effects of natural, human factors and also the criteria values of the area.

Магистральные трубопроводы представляют собой потенциально-опасные объекты для прилегающих к ним территорий. Опасность обусловлена, прежде всего, тем, что по ним транспортируются легко-воспламеняемые и токсичные вещества. А это значит, что в случае реализации любой нештатной ситуации может произойти их разрушение, результатом чего будет трансформация или уничтожение природных комплексов, а также повреждение инфраструктуры территории.

Вопросам проявления риска на магистральных трубопроводах посвящено ряд публикаций [3, 5, 6, 12]. В них рассматриваются разнообразные риски, возникающие на трассах магистральных трубопроводов, а также причины, вызывающие их. В настоящее время в сфере безопасности магистральных трубопроводов большое влияние уделяется безопасности его линейной части. С одной стороны такой подход является обоснованным, так как магистральные трубопроводы – это источники опасности, а, следовательно, надо знать все причины возникновения аварий. А это затруднительно, так как трубопровод – это сложный технический объект. Он представляет собой часть природно-технической системы, в которой большое значение имеют процессы, происходящие в геологической среде. Поэтому мы имеем полное право рассматривать применительно к магистральным трубопроводам такой вид риска, как инженерно-геологический.

Так как инженерно-геологический риск – это один из видов риска, то следует разобраться в понятии «риск», которое существует в современной литературе. Проведенный анализ публикаций по данной тематике позволяет сформулировать определение риска, под которым понимается вероятность возникновения какого-либо события с предсказуемыми последствиями за определенный промежуток времени [5, 8, 11]. Исходя из этого определения под *инженерно-геологическим риском* будут пониматься изменения в инженерно-геологических условиях, которые приведут к разрыву трубопровода с последующим загрязнением или трансформацией прилегающих территорий и (или) повреждением транспортной инфраструктуры. В основе инженерно-геологического риска лежит взаимодействие природных и антропогенных факторов, обеспечивающих безопасность трубопровода.

Природные факторы включают в себя проявления опасных геологических процессов, которые могут быть связаны с резкими климатическими изменениями. Данные изменения трудно предсказуемы, поэтому чтобы минимизировать последствия требуется анализировать многолетние данные по геофизическим, климатическим и гидрологическим факторам, которые влияют на инженерно-геологические условия. Надо отметить, что по причине влияния природных факторов происходит около 17 % от общего количества аварий [1].

Антропогенные факторы подразделяются на внешнее антропогенное воздействие и ошибку управления на стадиях существования магистральных трубопроводов. В первом случае происходит умышленное или случайное повреждение трубопровода с последующим загрязнением территории. Изменение инженерно-геологических условий в данном случае будет связано с несоблюдением правил проведения земляных работ, несанкционированными врезками и проведением ремонтных работ. Все выше перечисленное приводит к повреждению трубопровода, а, следовательно, к трансформации территории (загрязнение и изменение почв, вырубка растительности и др.). Особенно это видно при нарушении технологии сооружения валика, следствием чего выступает заболачивание территории.

К ошибке управления относятся: брак при монтажных и сварочных работах, недостоверность инженерно-геологических данных, которые могут в дальнейшем стать первоисточником проблем магистрального трубопроводного транспорта. Включение первых двух в инженерно-геологический риск не случайно, так как резкое изменение инженерно-геологических условий может выявить «слабые» места, которые до этого спокойно существовали и нормально могли бы просуществовать до замены.

В свою очередь ошибки управления можно подразделить на *случайные* и *преднамеренные*. К первым относятся брак при проведении монтажных работ. Как было сказано выше, это одно из самых уязвимых мест при эксплуатации трубопроводного транспорта, когда любое незначительное изменение в геологической среде или условий транспортировки может спровоцировать разрыв трубопровода в этом месте. К проявлению случайного риска можно отнести и недоучет инженерно-геологических условий трассы трубопровода. Однако в последнее время в связи с тем, что происходит постепенное изменение подходов к безопасности за счет экономии при проведении изысканий и обслуживания трубопроводного транспорта, такой риск уже случаен. Таким образом, выделяется еще один подвид риска – профессиональный, связанный с тем, когда принятие решения доверяется непрофессионалу. *Преднамеренный риск* – это когда человек знает о последствиях своего решения, но все равно поступает именно так. Примером может быть проложение трассы трубопровода по территории особо охраняемых природных территорий, несмотря на запрет такого строительства. На рис. 1

представлена структура инженерно-геологического риска и его последствия для территории.

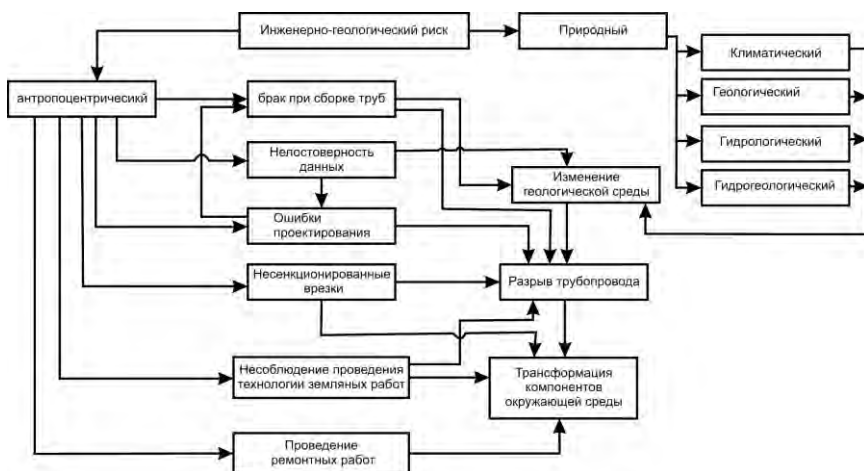


Рис. 1. Структура инженерно-геологического риска

Риск – эта мера опасности, включающая вероятность ущерба. Поэтому можно вести речь о подверженности объекта опасным природным или техногенным воздействиям или уязвимость к этим воздействиям [11]. В нашем случае под объектом выступает магистральный трубопровод, а под опасностями – изменение инженерно-геологических условий, приводящих к возникновению аварийных ситуаций, которые становятся источником опасности для природных комплексов. Таким образом, происходит расширение области применения определения термина «риск» на прилегающие к магистральному трубопроводу территории. Это связано с тем, что в результате изменений инженерно-геологических условий может произойти разрыв трубопровода, что в свою очередь повлечет за собой повышение вероятности возникновения риска для природных комплексов вблизи магистральных трубопроводов. Из-за того, что рассматриваемый нами риск – антропоцентрический, опасность для природных комплексов может быть заложена в самом проекте.

Проиллюстрируем подобную ситуацию примером, рассмотренным В.В. Пендином [9]. В нем очень хорошо видно проявление

инженерно-геологического риска на всех стадиях существования магистрального трубопровода.

В результате недочета инженерно-геологических условий произошло равномерного отпирания трубы на грунт. Она опиралась на выступы прочных пород, расположение в траншее которых было случайным. Давление трубопровода даже после подбивки грунта воспринималось только первоначальной поверхностью. В проекте был использован расчет нефтепровода как балки, уложенной на упругое основание, которое в данной ситуации было некорректно. Таким образом, недоверность инженерно-геологических изысканий привела к ошибкам проектирования.

На стадии эксплуатации данный риск получил свое развитие, которое выразилось в том, что произошла сильная прогрузка трубы за счет ее обсыпки и обваловки. В результате давление на грунт превысило его расчетное сопротивление, что привело к тому, что выполненная подушка была выдавлена прежде всего на прочных породах и началась деформация трубы за счет образования вмятин в её опорах. Данный процесс протекал интенсивно и был обусловлен тем, что участки трубы между прочными грунтами продолжали оседать. Оседание было обусловлено следующими причинами: выдавливанием грунта из-под трубы в связи с тем, что нагрузка от трубы превышала расчетное сопротивление грунтов, быстрым выветриванием и разрушением глинистых сланцев под влиянием воды, накапливающейся в траншее за счет инфильтрации поверхностных вод через крупнообломочные грунты обратной засыпки; суффозионного выноса песчаных и глинистых пород потоком воды, образующегося в траншее при прокладке нефтепровода на склоне.

С одной стороны существующая в настоящее время нормативная база, где прописаны практически все опасности, которым подвергается магистральный трубопровод и дается их анализ, должна была не допустить образование подобной ситуации [3, 12]. Однако формальное отношение к проведению инженерно-геологических изысканий послужило началом цепочки событий, приведшим в дальнейшем к разрушению магистрального нефтепровода. Но самое интересное, что в описываемом случае ремонтные работы, которые проводились путем врезки поврежденных участков трубы и срезки прочных пород в местах образования вмятин, не только не ликвидировали условия образования вмятин на магистральном нефтепро-

воде, но и способствовали их дальнейшему развитию. Во-первых, срезка прочных пород не обеспечивает однородности условий, как правило, труба ложится на другие выступы, которые залегают ниже срезанных. Во-вторых, в связи с тем, что изоляция замененного участка трубы проводилась после её сварки в траншее, под трубой остаются пустоты даже при засыпке их с подбивкой грунта под нижней образующей трубы. Таким образом, проблема возникает вновь и вновь.

Данный пример показывает влияние человеческого фактора на магистральный трубопровод, где причина реализации инженерно-геологического риска – недоброкачественное отношение к проведению изысканий. При ответственном отношении подобная составляющая инженерно-геологического риска сводится к минимуму. Но как было сказано, этот вид риска может выступать в качестве составляющей экстремальной эколого-геоморфологической ситуации [7], в результате которой реализуется природная составляющая риска. Эту реализацию трудно спрогнозировать, поэтому инженерно-геологический риск существует в связке с изысканиями, где перед изыскателем ставится задача рассмотреть все возможные изменения. Однако сделать из-за большой протяженности магистрального трубопровода затруднительно.

Следовательно, чтоб избежать последствий проявления инженерно-геологического риска для территории требуется комплексный подход при проведении изысканий. Он позволяет оценить не только инженерно-геологические условия трасс, но выявить ряд элементов, представляющих ценность территории. К ним относятся: инфраструктура территории (пути сообщения, жилые и промышленные здания), сельскохозяйственные земли и особо охраняемые природные территории [4]. На этих участках в случае реализации инженерно-геологического и других видов риска территория страдает намного сильнее. Для минимизации последствий данные участки должны быть хорошо исследованы. И если с инфраструктурой территории все более или менее понятно (в качестве оценочных показателей можно использовать интенсивность движения автомобилей и поездов, но с учетом взвешенных коэффициентов для территории), то в случае с уникальностью территории возникают проблемы. Они обусловлены в первую очередь тем, что в настоящее время в литературе ценность территории в основном представлена

для площадных объектов [10], а магистральный трубопровод представляет собой линейный объект. Вторая сложность в том, что при учете антропогенной преобразованности территории приведенная балльная оценка неприемлема для магистрального трубопровода. Например, лесные угодья относятся к слабой степени преобразованности [2, с. 15, табл. 3.1]. В нашем случае они будут выступать как одни из самых уязвимых участков в пределах трасс магистральных трубопроводов. Таким образом, изыскателю трудно оценить ценность территории, на которой располагается магистральный трубопровод или в дальнейшем планируется его строительство.

Таким образом, инженерно-геологический риск является одной из составляющей геоэкологической оценки трасс магистральных трубопроводов, при проведении которой выявляются участки, где в случае его реализации наиболее значимыми последствия. Проектировщику, строителю или изыскателю может не хватить знаний экологического направления по определению ценности территории. Отягощающим фактором является желание удешевить проект в данном случае ограничить участие специалистов из других областей знаний, не связанных с технической или экономической составляющей проекта, а это в свою очередь повышает проявление инженерно-геологического риска как на магистральном трубопроводе, так и для территории.

### **Выводы**

1. Инженерно-геологический риск нельзя рассматривать обособлено, он имеет тесную взаимосвязь с другими видами риска и в результате его реализации происходит загрязнение прилегающей территории или трансформация растительных сообществ вплоть до их полного уничтожения.

2. Резкая смена инженерно-геологических условий может привести к инициации разрыва в тех местах трубопровода, где был совершен брак в результате монтажных, сварочных и других видов работ, которые до этого момента существовали спокойно.

3. Инженерно-геологический риск является природно-социальным, поэтому при его анализе требуется учитывать изменения природных условий в пределах трасс, а также человеческий фактор.

4. При проведении инженерно-геологического риска следует уделять внимание не только инженерно-геологическим условиям и состоянию трубы, а также и территории, по которой проложен

трубопровод (вид угодий, инфраструктура территории, наличие ценных, редких и исчезающих растений).

5. Большое влияние человеческого фактора делает данный вид риска одним из важнейших критериев при проведении геоэкологической оценки трасс магистральных трубопроводов.

## Литература

1. Власова, Л.В. Природные факторы при аварийности газопроводов / Л.В. Власова // Геоэкология. – 2009. – № 3. – С. 246–270.

2. Ганина, Н.В. Методы геоэкологических исследований: Практикум для студентов географического факультета специальности 1 - 33 01 02 «Геоэкология» / Н.В. Ганина. – Минск : БГУ, 2007. – 48 с.

3. Методическое руководство по оценке степени риска на магистральных нефтепроводах: Серия 27, выпуск 1 / Кол. авт. – М. : государственное предприятие Научно-технический центр по безопасности промышленности Госгортехнадзора России, 2000 – 96 с.

4. Мякота, В.Г. Критерии геоэкологической оценки трасс магистральных трубопроводов / В.Г. Мякота // Навукові записки Сумського державного педагогічного університету. Географічне навукі. – Вип. 3: [Збірник наукових праць / Наук. ред. Б.М. Нештаев, А.О. Корнус та інш.]. – Суми: СуМДПУ, 2012. – С.

5. Мякота, В.Г. Методические подходы к оценке экологического риска на трассах магистральных трубопроводов / В.Г. Мякота // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы международной научно-технической конференции. – Ч. 2. – Могилев, БРУ. – С. 147–148.

6. Мякота, В.Г. Некоторые методические подходы к оценке и классификации экологического риска на трассах магистральных трубопроводов / В.Г. Мякота // Строительство – формирование среды жизнедеятельности : научные труды тринадцатой международной межвузовской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и докторантов. – М. : МГСУ, Изд-во АСВ, 2010. – С. 301–304.

7. Мякота, В.Г. Оценка опасных геологических процессов на трассах магистральных трубопроводов Республики Беларусь с использованием материалов дистанционных съемок / В.Г. Мякота. – Минск : РИВШ, 2006. – С. 145–147.



8. Павлейчик, В.М. Оценка экологических рисков (на примере Оренбургской области) / В.М. Павлейчик // География и природные ресурсы. – 2001. – № 4. – С. 118–124.

9. Пендин, В.В. Геоэкологический мониторинг объектов магистральных трубопроводов / В.В. Пендин, О.С. Овсянникова, Т.П. Дубина // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2002. – № 5. – С. 109–114.

10. Природно-хозяйственные регионы Беларуси : монография / под науч. ред. А.Н. Витченко. – Миснк : БГПУ, 2005. – 278 с.

11. Методические подходы и опыт оценки экологического риска В.С. Хомич [и др.] // Природопользование. – 2005. – № 11. – С. 13–22.

12. Швырев, А.А. Анализ риска для опасных производственных объектов транспортных предприятий АОА «Газпром»/ А.А Швырев // Энергия: экономика, техника, экология. – 2011. – № 11. – С. 53–58.