

3 Атлас Кировской области. Коллектив авторов КГПИ им. В.И. Ленина, КОГО СССР, ГУГиК при совете министров СССР – М. : Фабрика № 3, 1968 г. – 38 с.

4 Яндекс карты [Электронный ресурс] – Режим доступа : <https://yandex.ru/maps>. – Дата доступа : 26.03.2019

5 Молодкин, В.Н. Плодородие пахотных Кировской области почв / В.Н. Молодкин, А.С. Бусыгин //Земледелие. – 2016. – №. 8.

6 Sposito G. et al. Surface geochemistry of the clay minerals //Proceedings of the National Academy of Sciences. – 1999. – Т. 96. – №. 7. – С. 3358–3364.

7 Трофимов, В.Т. Трансформация экологических функций литосферы в эпоху техногенеза / В.Т. Трофимов [и др.]. Под редакцией В.Т. Трофимова – М.: Изд-во «Ноосфера», 2006. – 720 с.

8 Иванов, Д.А. Исследование факторов эрозионной деградации почв в пределах Евро-Северо-Востока РФ /Д.А. Иванов, Н.Е. Рубцова //Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2010. – №. 4. – С. 29–34.

Г.А. ШАРОГЛАЗОВА, В.Н. КОРОВКИН

## **ВЗАИМОУСЛОВЛЕННОСТЬ ТЕКТОНИЧЕСКИХ И ТЕХНОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА ТЕРРИТОРИЯХ ПРОХОЖДЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

*Полоцкий государственный университет,  
г. Полоцк, Республика Беларусь  
g.sharoglazova@psu.by, v.korovkin@pdu.by*

Цель работы: оценка взаимообусловленного влияния тектонических и техногенных факторов на устойчивость природных и инженерных объектов Беларуси на примере магистральных нефтепроводов, пересекающих основные тектонические структуры страны.

Показано, что аварии на магистральных трубопроводах приурочены к активным тектоническим структурам. Предложен расчёт напряжённо-деформированного состояния линейной части трубопровода по результатам геодезических измерений.

Общеизвестно, что геодинамика и техногенез – два основных фактора, которые влияют на ландшафт Земли и отвечают за экологическую безопасность. На развитие естественных геологических процессов с каждым годом все активнее накладывается антропогенное вмешательство, в результате которого на поверхности Земли увеличивается число техногенных форм рельефа. Свежим примером может служить обрушение сопки в районе Бурейской ГЭС в Хабаровском крае.

В то же время, ряд техногенных объектов, например, горнодобывающие шахты, будут априори находиться в зонах влияния тектонических разломов, так как месторождения полезных ископаемых, как правило, приурочены к этим разломам. Эксплуатация же месторождений будет усиливать сеймотектоническую активность района. Факты показывают, что техногенные влияния на тектонически-активных участках земной поверхности могут усилить геологическую опасность до уровня катастрофы [1].

Если факты реагирования окружающей среды на внешние и внутренние воздействия установлены [2-6], то последствия этого реагирования изучены слабо. Велика вероятность того, что техногенные воздействия не только изменят природные геологические процессы, но и вызовут новые, не характерные для конкретной

территории, инженерно-геологические процессы, как правило, нелинейные, сложно прогнозируемые и отрицательно воздействующие на экологию. Современный уровень изученности проблемы взаимообусловленного влияния тектонических и техногенных факторов на состояние земной коры, скорее, следует отнести к этапу накопления экспериментальных данных и началу разработок математических алгоритмов, учитывающих эти совокупные влияния. Поэтому она актуальна во всём мире.

В Беларуси вопросам инженерной геодинамики и геологии уделяется значительное внимание. К современному этапу исследований (начиная с 1991 г.) её территория полностью покрыта геологической съёмкой 1 : 200000 масштаба, а районы крупных промышленных городов – 1 : 50000 масштаба. Для этого этапа характерны [7-8] повышенное внимание инженеров-геологов к эколого-геологическим проблемам (в том числе в связи с аварией на Чернобыльской АЭС), а также совершенствование технологий инженерно-геологических исследований путём привлечения метода повторных геодезических измерений, внедрения спутникового дистанционного зондирования Земли, беспилотных съёмочных аппаратов, ГИС-технологий и т.д.

В Беларуси взаимообусловленность техногенных и тектонических влияний максимально ярко проявляется на территории активно эксплуатируемого с 1961 года Старобинского месторождения, а также на таких энергоёмких объектах как каскад ГЭС на реке Западной Двине, магистральные трубопроводы (МТ), Белорусская АЭС. На некоторых из них созданы геодинамические полигоны (ГДП). Остановимся подробнее на магистральных трубопроводах (МТ) Беларуси

Магистральные нефтепроводы РБ. К настоящему времени известно много фактов приуроченности аварий на МТ к зонам повышенной геодинамической активности. Так установлено, что практически все чрезвычайные ситуации природного и природно-техногенного характера на нефтегазопроводах в Приуралье происходят в пределах таких зон. Аналогичный вывод сделан многими авторами на основе аэрокосмогеологических исследований практически во всех нефтегазоносных регионах России [2,3].

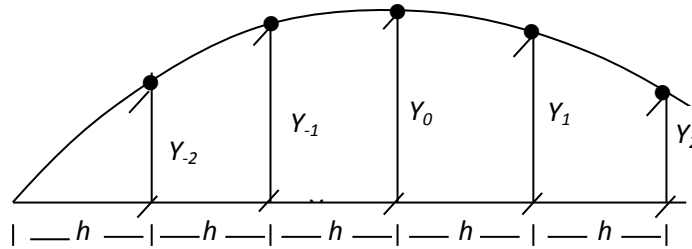
Выполненные нами исследования [6] расположения аварий на МНТ Беларуси показали, что в более чем 70 % случаев они приурочены к активным тектоническим структурам. Наблюдается явная корреляция между числом аварий, положением тектонических разломов и их активностью: на участке МНТ Полоцк – Браслав протяжённостью 100 км, расположенного в активном Полоцко–Курземском поясе тектонических разломов в исследуемый период произошло 10 аварий; на участке Полоцк — Унеча (Витебская и Могилевская мульды, спокойные тектонические структуры), 450 км – 3 аварии; Унеча – Восточный край Припятского прогиба (район Гомеля), 166 км – 7 аварий; Припятский прогиб, активная тектоническая структура, 330 км – 44 аварии; Западный край Припятского прогиба Полесская седловина – Кобрин, 210 км – 22 аварии.

На наш взгляд, данную статистику нельзя игнорировать и исследования по обозначению опасных геологических участков МТ на территории РБ необходимо активизировать. В настоящее время этой проблеме уделяется недостаточное внимание, что связано со сложностью разработки алгоритмов, учитывающих влияние совокупных факторов на устойчивость трубопроводов. В научно-технических работах обращается, в основном, внимание на совершенствование гидравлических, тепловых и других «механических» расчетов; каждое влияние рассматривается отдельно [9, 10].

На наш взгляд, выходом из сложившейся ситуации может послужить постановка повторных геодезических измерений по деформационным маркам, установленным в местах частых аварий на трубопроводе. Это позволит определить величины изменения положения трубопровода от его проектного положения, вызванного всем комплексом

воздействий, так как сила и слабость геодезических измерений как раз и состоит в том, что они фиксируют пространственное изменение положения объекта в результате совокупности воздействий, а не отдельных факторов.

Расчёт напряжённо-деформированного состояния трубопровода и его изменений во времени, на наш взгляд, можно выполнить через абсолютную величину изгибающего момента  $M_0$  трубы, который в соответствии с экспериментальными формулами (1), рекомендуемыми в [11], можно определить по результатам геодезических измерений (рисунок 1).



$Y_i$  – отклонения положения трубопровода от проектного, полученные из нивелирования, на деформационных марках, закреплённых на трубе

**Рисунок 1 – Изгиб трубопровода по вертикали, измеренный нивелирным методом, как иллюстрация к расчёту напряжений трубопровода вследствие этого изгиба**

Абсолютную величину изгибающегося момента  $M_0$  находим по одной из экспериментальных формул

$$M_0 = EI \frac{Y_{-2} - 8Y_{-1} + 14Y_0 - 8Y_1 + Y_2}{4h^2} + \frac{gh^2}{6}$$

$$M_0 = EI \frac{Y_{-2} - 16Y_{-1} + 30Y_0 - 16Y_1 + Y_2}{10h^2} + \frac{gh^2}{6}, \quad (1)$$

где:  $EI$  - жесткость трубопровода на изгиб;  $g$ - сила тяжести трубопровода, отнесенная к единице его длины;  $Y_i$  - высотные смещения трубопровода, полученные по результатам нивелирования.

Модуль упругости  $E$  для стали применяется равным  $2,1 \times 10^5$  Мпа, а момент инерции поперечного сечения трубопровода  $I$  находится по формуле

$$I = \frac{\pi D^3 d}{8}, \quad (2)$$

где:  $D$  – диаметр трубопровода;  $d$ - толщина стенки трубопровода.

Величину  $g$  находим по формуле

$$g = \pi D d \gamma, \quad (3)$$

где:  $\gamma$  - удельный вес стали.

Найдя величину изгибающего момента  $M_0$ , находим далее значение напряжений изгиба по формуле

$$\sigma_0 = \frac{4M_0}{\pi D^2 d} \quad (4)$$

Оптимальное значение расстояния  $h$  для расчетов принимается равным  $12D, 20D, 22D$ .

Если объем предварительной информации связать не с длиной линейного сооружения, а с предварительным нахождением точек перегиба оси трубопровода, то число измерений можно уменьшить. Конечно, формулы (1) и методику их применения для определения НДС трубопровода по данным геодезических измерений необходимо исследовать, чтобы довести до практического применения, но наличие рационального зерна в данном предложении не вызывает сомнения.

Проведённые в работе исследования убедительно свидетельствуют, что техногенные процессы с каждым годом все глубже накладываются на естественные геологические процессы, и это антропогенное вмешательство в подавляющем большинстве случаев сказывается отрицательно на экологии и окружающей среде.

1. На аварийно-опасных участках МТ следует организовать мониторинговые геодезические измерения с выходом на расчеты НДС линейной части трубопровода, обусловленного совокупным влиянием тектонических и техногенных факторов.

2. Рекомендуются более широкое использование материалов дистанционного зондирования и ГИС технологий.

### Список литературы

1 Трифонов, В.Г. Стихийные бедствия в системе современных геодинамических процессов / В.Г. Трифонов. – М., Наука, 1990. – С. 11–16.

2 Ульмасвай, Ф. Геологические условия возникновения зон потенциальной аварийности магистральных газопроводов на севере Западной Сибири / Ф.Ульмасвай // Газовая промышленность. – 1997. – №7. – С. 37–38.

3 Михалев, В.В. Оценка техноприродных и социально-экологических рисков возникновения ЧС на магистральных продуктопроводах Пермского Приуралья / В.В. Михалев [и др.] // Трубопроводный транспорт: теория и практика. – М.: ВНИИСТ, – 2005. № 1.– С.75–77.

4 Копылов, И.С. Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон / И.С. Копылов // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 5-2. – С. 110–114.

5 Кугаенко, Ю.А. Проявление техногенеза в геодинамически активном районе Мутновского гидроэнергетического комплекса (Южная Камчатка) / Ю.А. Кугаенко, Д.В. Мельников // География и природные ресурсы. – 2006. – №3. – С.30–37.

6 Шароглазова, Г.А. Геолого-тектонические условия возникновения аварийности на магистральных нефтепроводах Белоруссии / Г.А. Шароглазова [и др.] // Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. – 2008. – №1. – С. 58–60.

7 Галкин, А.Н. Инженерная геология Беларуси. Инженерная геодинамика Беларуси. Ч. 2 / А.Н. Галкин [и др.]. // Витебск : ВГУ, 2017. – 451 с.

8 Галкин, А.Н. «Инженерная геология Беларуси. Региональная инженерная геология. Ч. 3 / А.Н. Галкин [и др.]. // Витебск : ВГУ, 2018. – 184 с.

9 Бородавкин, П.П. Прочность магистральных трубопроводов / П.П. Бородавкин, А.М. Синюков // М., : Недра, 1984. – 246 с.

10 Клейм, Г.К. Расчет подземных трубопроводов / Г.К. Клейм. – М. : Недра, 1969. – 125 с.

11 Виноградов, С.В. Расчет подземных трубопроводов на внешние нагрузки / С.В. Виноградов – М. : Стройиздат, 1980. – 135 с.