УДК 622.831.32

Е.К.МЕЛЬНИКОВ, *канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, post@spmi.ru*
А.Н.ШАБАРОВ, *д-р техн. наук, директор Научного центра – проректор, post@spmi.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

E.K.MELNIKOV, *PhD in eng. sc., senior research assistant, post@spmi.ru*
A.N.SHABAROV, *Dr. in eng. sc., Director of Research center, prorector, post@spmi.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (*Technical University*)

ОЦЕНКА РОЛИ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ФАКТОРА В АВАРИЙНОСТИ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ

К геодинамически активным относятся разломы с продолжающимися до настоящего времени малоамплитудными перемещениями, приводящими к деструктуризации как коренных пород, так и четвертичных отложений. Протекающие в зонах таких разломов электрогеохимические процессы способствуют развитию коррозии металла, что в основном и является причиной увеличения количества аварий в десятки раз в местах пересечения активных разломов трубопроводами.

***Ключевые слова*:** активный разлом, геодинамическая опасность, трубопроводы, удельная аварийность.

ASSESSMENT OF THE ROLE OF GEODYNAMIC FACTOR IN THE ACCIDENT RATE OF PIPELINE SYSTEMS

The authors relate to the geodynamically active faults those faults with continuous up to present time low-amplitude movements which lead to the destructurization both of bedding rocks and of Quarternary deposits. The electrogeochemical processes proceeding in the zones of such faults, promote the metal corrosion that basically is the cause of increasing a few tens of times of specific accident rate at sites of active faults crossing with pipelines.

***Key words*:** active fault, geodynamic hazard, pipelines, specific accident rate.

Непременным условием для отнесения тектонических нарушений к геодинамически активным являются продолжающиеся до настоящего времени относительные перемещения разделяемых ими блоков. Эти аномальные движения высокоградиентны (до 70 мм/год), короткопериодичны (от года до первых лет), пространственно локализованы (от 0,1 км до первых десятков километров) и обладают пульсационной и знакопеременной направленностью.

Особенно важным при строительстве является то, что молодые активные разломы достаточно четко проявляются в форме ослабленных зон в разрезе не только коренных пород, но и четвертичных отложений, представляющих основу для подавляющего числа различных инженерных сооружений, в том числе и трубопроводов. В пределах такого рода ослабленных зон отмечается телескопирование на разных уровнях линз обводненных песков, растрескивание, проседание, разнообразные смещения и пластические деформации глинистых горизонтов. В результате резко возрастающей деструктуризации горных пород в зонах геодинамически активных разломов (ГДАР) изменяются физико-механические свойства. Из сухих и твердых они часто превращаются в различной степени обводненные и текучепластичные. Мобильно-проницаемые ГДАР представляют собой каналы для поступления с глубины к поверхности минерализованных вод и газовых эманаций.

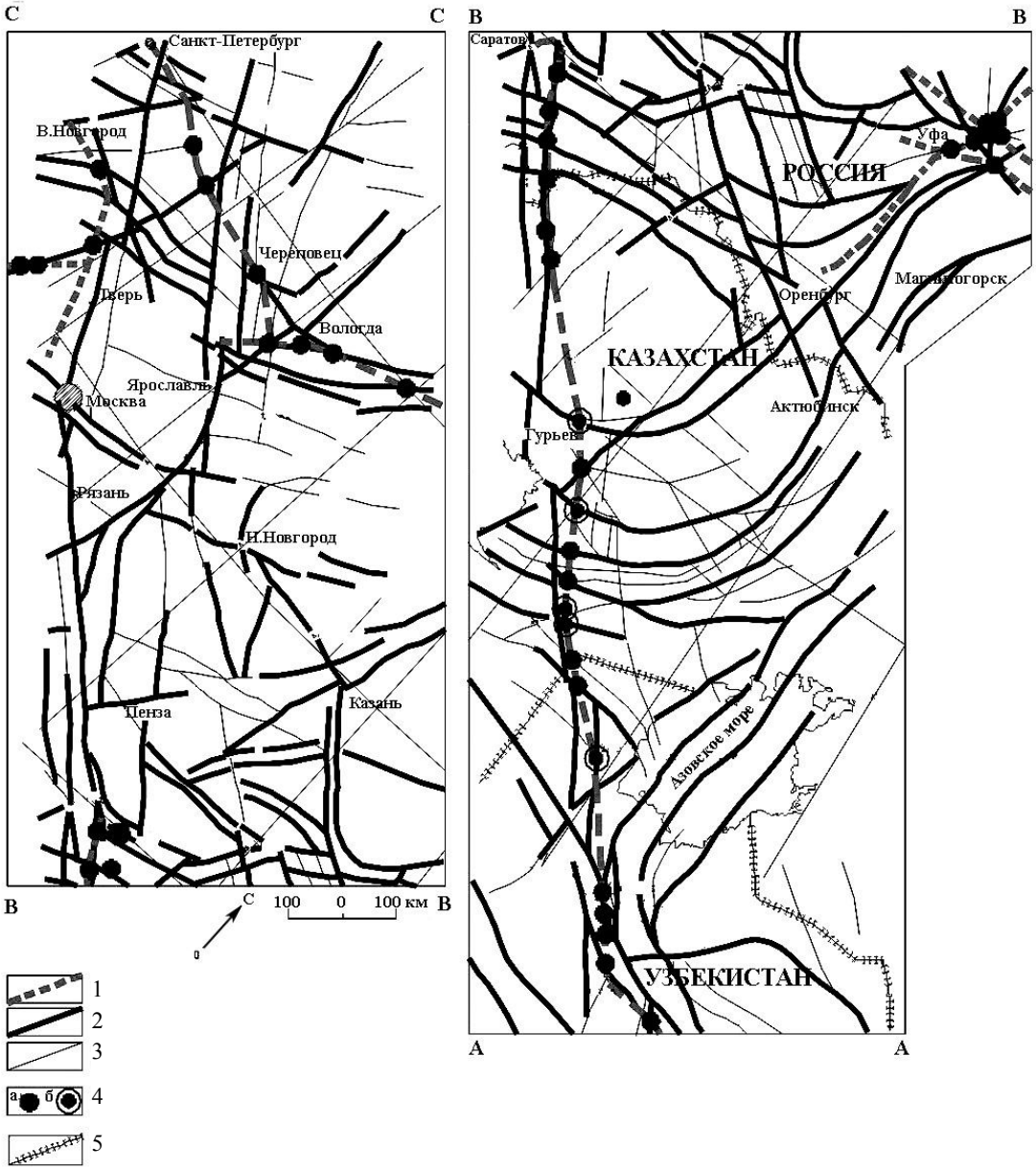


Рис.1. Распределение аварий на отдельных участках магистральных трубопроводов (1981-1991 гг.)

1 – магистральные трубопроводы; 2 – зоны региональных разломов; 3 – прочие крупные разломы; 4 – аварийные участки трубопроводов (а – до 5, б – более 5 аварий); 5 – государственные границы

Выполненный лабораторией геодинамики Научного центра СПГГИ анализ большого объема данных (около 2000 аварий на газо-, нефтепроводах) показывает, что места наибольшей концентрации аварий (около 90 % случаев) расположены в зонах влияния ГДАР земной коры различного ранга. Отмечено, что в Европейской части России показатели аварийности на трубопроводах в зонах геодинамически активных разломов возрастают по сравнению с межразломными интервалами в 30 раз (в узлах пересечения разломов в 60 раз).

Приведенные на рис.1 и 2 результаты наглядно свидетельствуют о росте аварийности на магистральных трубопроводах по мере увеличения уровня сейсмичности и тектонической напряженности (количества разломов на единицу площади) территории, а также по мере приближения к оси разлома.

По мере укрупнения масштабов геолого-структурного картирования возрастает степень локализации выделяемых геодинамически активных разломов, существенно уменьшается принимаемая ширина зоны влияния, что приводит в выделенных интервалах к резкому росту показателей аварийности на пересекающих эти зоны трубопроводах.

В черте Санкт-Петербурга по сравнению со всей территорией Европейской части России существенно повышается величина удельной аварийности трубопроводов и за пределами зон разломов, что, с одной стороны, объясняется увеличением техногенной составляющей причин аварийности, а с другой, – на мелкомасштабных картах масштаба 1:1000000 и мельче вся территория Санкт-Петербурга попадает в узел пересечения четырех разнонаправленных региональных зон разломов (см. таблицу).

Из рис.3 видно, что на подземных коммуникациях по транспортировке воды, особенно горячей, аварийность над зонами ГДАР еще выше, чем на трубопроводах газораспределительной сети.

Систематический анализ причин аварийности на магистральных нефте- и газопроводах позволяет сделать вывод о том, что основными причинами аварий на трубопроводах над зонами разломов являются не столько разрывы сплошности труб в результате значительных по амплитуде подвижек по разломам (регламентируемых соответствующими СНиПами более $3 \cdot 10^3$ в год), а малоамплитудные короткопериодичные знакопеременные колебания, приводящие к накоплению усталости металла, его «изжевыванию», а также приуроченные к разломам электрические аномалии, обусловленные сочетанием связанных с разломами аномалий естественного электромагнитного излучения и блуждающих токов, наряду с поступлением по разломам с глубины агрессивных газовых эманаций и минерализованных вод. Все это в сумме приводит к водородному расслаиванию металла, росту коррозионных процессов в теле труб и является предпосылкой последующих нарушений их сплошности, приводящих к утечкам нефти и газа.

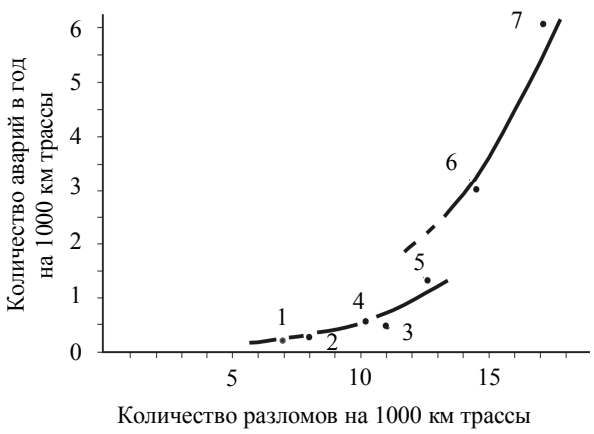


Рис.2. Зависимость интенсивности аварий от уровня сейсмичности территории и количества региональных разломов, пересекаемых трубопроводом

Территория с магнитудой землетрясений 4-5 по шкале MSK-64: 1 – Тюменская область; 2 – Республика Коми; 3 – Вологодская область; 5 – Центральные районы России; магнитуда землетрясений 6-8 по шкале MSK-64: 6 – Северный Кавказ; 7 – Казахстан, Средняя Азия

В результате многочисленных исследований, проведенных на нефте-, газо- и кон-

Распределение удельной аварийности на трассах газопроводов

Район	Масштаб геолого-структурной карты	Ширина интервала выделяемой на карте полосы влияния разлома, ± км от его оси	Тип газопровода	Количество аварий в год на 1 км газопровода		
				за пределами зоны	в зоне разлома	в узле пересечения разнонаправленных разломов
Европейская часть России	1:2 500 000 1:1 000 000	± 2,5	Магистральный «Газпром»	0,001	0,030	0,060
Санкт-Петербург	1:100 000	± 0,1	Газораспределительные сети ОАО «Ленгазэксплуатация»	0,020	0,070	0,200
Санкт-Петербург, Калининский район	1:25 000	± 0,05		0,025	0,200	0,720

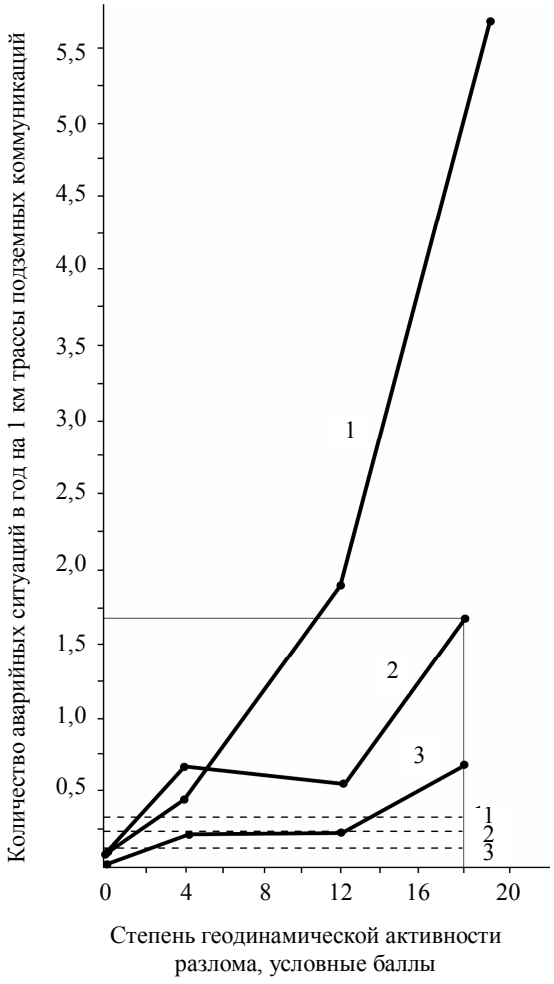


Рис.3. Кривые роста аварийности на подземных коммуникациях Калининского района Санкт-Петербурга

1 – теплотрассы; 2 – водоснабжение; 3 – газораспределительные сети; пунктирная линия – средний уровень аварийности в год на 1 км трассы по пяти районам города

денсатопроводах обнаружено, что диагностируемая коррозия имеет сложное механо-газохимическое происхождение, из-за чего зачастую оказываются неэффективными установленные вдоль трубопровода станции катодной защиты.

Результаты исследований свидетельствуют о необходимости учета ГДАР на стадиях проектирования, строительства и эксплуатации уже действующих трубопроводов. Для этого для территории крупных городов необходимо составление специальных геолого-структурных карт масштаба 1:100000 и крупнее с выделенными на них зонами разломов, дифференцированных по степени геодинамической опасности. На проектируемых трассах и строящихся магистральных трубопроводов следует проводить профильные геолого-геофизические исследования масштаба 1:25000 и крупнее, в первую очередь, на участках, выделенных как наиболее геодинамически опасные по результатам анализа материалов геологического картирования масштабов 1:200000-1:1000000.

Выделение геодинамически опасных зон по трассе проектируемого трубопровода позволяет в конечном итоге ограничивать по протяженности участки для проведения внутритрубной дефектоскопии и определять ее периодичность на стадии мониторинга.

Для прогноза чрезвычайных ситуаций, предотвращения на трубопроводах аварий или хотя бы снижения связанных с ними экологических последствий на выделенных с использованием разработанной в лаборатории геодинамики научного центра СПГГИ методики геодинамически наиболее опасных зонах рекомендуется постановка комплексного высокоточного маркшейдерско-геодезического, геолого-геофизического и геохимического мониторинга.