

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ НАУКИ

НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ПРИРОДНЫХ РИСКОВ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ

Жиров Андрей Иванович

*доктор пед. наук, кандидат геогр. наук, профессор
Санкт-Петербургский Государственный Университет
г. Санкт-Петербург*

Болтрамович Сергей Фадеевич

*кандидат геогр. наук, доцент
Санкт-Петербургский Государственный Университет
г. Санкт-Петербург*

Подъячев Александр Юрьевич

*учитель школы ГБОУ СОШ №76 Выборгского района
г. Санкт-Петербург*

Алагузова Наталья Андреевна

*студентка Института наук о Земле
Санкт-Петербургский Государственный Университет
г. Санкт-Петербург*

Овчинникова Анастасия Ильинична

*студентка Института наук о Земле
Санкт-Петербургский Государственный Университет
г. Санкт-Петербург*

DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2019.2.45.39](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2019.2.45.39)

A NEW APPROACH TO THE ASSESSMENT OF NATURAL RISKS FOR PIPELINES

Andrey Zhiron

*Doctor of science in Pedagogics, Ph.D. in Geography, Professor
St. Petersburg State University, St. Petersburg*

Sergei Boltramovich

*Ph.D. in Geography, Associate Professor
St. Petersburg State University, St. Petersburg*

Alexander Podjyachev

*Teacher
School 76, St. Petersburg*

Natalya Alaguzova

*Student
Institute of Earth sciences
St. Petersburg State University, St. Petersburg*

Anastasia Ovchinnikova

*Student
Institute of Earth sciences
St. Petersburg State University, St. Petersburg*

Аннотация

Целью исследования являлась оценка влияния рельефа и его параметров на аварийность трубопроводов. Рельеф есть пространственная матрица протекания различных природных процессов, что находит отражение в рамках системно-морфологического подхода А. Н. Ласточкина. Для исследования использовались данные национальной системы картографирования трубопроводов США (NPMS), проводился геоморфологический анализ мест аварий, применялись картометрические и морфометрические методы. С помощью статистического анализа выявлены связи между основными геоморфологическими параметрами и аварийностью трубопроводов.

Abstract

The purpose of this study was an assessment of the impact of topography and its parameters on the accident rate of pipelines. Existing topography creates a spatial matrix for natural processes, which finds reflection in the system-morphological approach by A. N. Lastochkin. We took advantage of the statistics of the US National Pipeline Mapping System (NPMS) and carried out the geomorphological analysis of various accident sites. We also used for this cartographic and morphometric methods of research. With the help of statistical analysis, we revealed the relationships between the values of the main geomorphological parameters and the accident rate of pipelines.

Ключевые слова: трубопровод; естественные риски; аварийность; геоморфологический фактор; системно-морфологический подход.

Keywords: pipeline; natural risks; accident rate; geomorphological factor; system-morphological approach.

Введение

Изучение факторов аварийности трубопроводов необходимо для выбора оптимальной трассы, разработки инженерных решений по предотвращению аварийных ситуаций, оценки возможного воздействия на окружающую среду и разработки природоохранных мероприятий. Наряду с техногенными факторами важно учитывать влияние природных условий, в том числе, геоморфологических.

Исходные материалы и методы исследования

Данная работа стала возможной благодаря данным из Национальной системы картографирования трубопроводов США (The National Pipeline Mapping System – NPMS), представленной в Интернете. Использовались картографические материалы и космоснимки мест аварий, а также протоколы описания конкретных аварий. Выбрались данные для северных штатов США (Аляска, Вашингтон, Орегон, Айдахо, Монтана, Сев. Дакота, Миннесота), сходных по природным условиям с российскими.

Для анализа аварий на российских трубопроводах использовались результаты собственных и чужих исследований аварийности, проводимых в Западной Сибири, в Удмуртии, Поволжье и других районах [5-6], а также обобщающие работы по аварийности газопроводов России [1-3].

Кроме сравнительного анализа, использовался системно-морфологический подход, сформулированный профессором СПбГУ А. Н. Ласточкиным [4]. Он позволяет объективно определить и четко зафиксировать геоморфологические и геотопологические параметры мест, где происходили аварии.

Результаты

Первоначально из общего массива данных были выделены аварии, прямые или косвенные причины которых зафиксированы как связанные с природными факторами. В американской статистике разбор этих аварий отсутствует.

Даже формальный сравнительный анализ официально зафиксированных причин аварий на трубопроводах (табл. 1) позволяет сделать ряд выводов.

Таблица 1.

СРАВНЕНИЕ ПРИЧИН АВАРИЙ НА ТРУБОПРОВОДАХ США И РФ (В %)

Причина аварии	Северные штаты США	Газопроводная система РФ
Природные факторы	10,17%	7,8%
Дефекты труб и оборудования	57,06%	11,3%
Нарушения при проведении строительных работ	9,6%	20,4%
Коррозия (наружная и стресс-коррозия)	6,21%	33,9%
Нарушения правил технической эксплуатации	7,34%	1,7%
Аварии, где природный фактор не основной, но присутствует	27,12%	31,7%

Большинство аварий связано с деятельностью человека, а не природными причинами. Для газопроводов РФ доля аварий с четким указанием на природные факторы составляет всего 7,8% [2, С. 266], а для северных штатов США – 10,17%. Для обеих стран показатели аварийности трубопроводов повышаются в пределах мест хранения, перекачки и переработки углеводородов, в населённых пунктах, при пересечении дорог и пр. Большое значение имеют дефекты труб и оборудования, а также нарушения при проведении строительных работ и правил технической эксплуатации.

Л. В. Власова [2, С. 265] разделила все аварии на две группы: 1) группа аварий, где опасные природные процессы и явления зафиксированы как их основная причина ("стихийное бедствие"); 2) группа аварий, где неблагоприятные природные факторы, влияющие непосредственно на аварийный участок, отмечены в акте технического расследования, но не являются основной причиной.

На аварийность трубопроводов сильно влияет и коррозия: наружная и стресс-коррозия. Она была отнесена нами к числу факторов, в которых велика доля природной составляющей. На линейной части газопроводов РФ суммарный удельный вес этих двух групп составляет 39,5% [2, С. 268].

Соответствующий показатель для северных штатов США составил 37,3%. Таким образом, более трети всех аварий так или иначе связаны с природными причинами.

Аварии первой группы чаще связаны с оползнями (5% аварий), паводками и половодьями (1,7%) [2, С. 266]. Аварии второй группы связаны с такими природными факторами как переувлажненный грунт (23%) и пересеченный рельеф (4,3%) [2, С. 268]. Это косвенные причины коррозии, способствующие более быстрому проявлению дефектов труб и оборудования, строительных дефектов.

В американской базе данных причины природных аварий не расшифровываются и не указываются в протоколах аварии, где локальные неблагоприятные природные факторы, не являются основной причиной, но влияют непосредственно на аварийный участок. Поэтому для анализа влияния геоморфологических факторов на аварийность трубопроводов нами были выбраны только те аварии, где природные факторы указаны как основная причина аварии.

Вторая сложность связана с трудностью выделения формализованных и четко определяемых природных факторов аварийности, в том числе геоморфологических. Российские исследователи используют для выявления

факторов аварийности трубопроводов такие разные показатели, как: крутизна и экспозиция склонов, приуроченность к генетической группе четвертичных отложений [6, С. 14], приуроченность к типу ландшафтов [5, с. 14], приуроченность к типу рельефа [1]. Результаты этих исследований интересны, но трудно сопоставимы и формализуемы для применения ГИС. Легче формализуемы геоморфологические параметры рельефа места аварии.

Мы использовали системно-морфологический подход А. Н. Ласточкина [3] в качестве методологической основы исследования. Основа подхода - дискретизация поверхности, т.е. ее разделение на ограниченное число однозначно определенных геометрических элементов: характерных точек, структурных линий и элементарных поверхностей (Рис. 1).

Дискретизация первоначальной цифровой модели или просто топографической карты выполнена благодаря анализу четырех геоморфологических функции: 1) высоты или глубины; 2) его градиента (первая производная высоты/глубины); 3) вертикальной кривизны (вторая производная от высоты/глубины); 4) горизонтальной кривизны.

Точки экстремума и нулевые, а также точки изменения функции позволяют нам выделить элементарные геоморфологические границы: 1) структурные линии и 2) верхние и нижние точки ограничения земной поверхности. Элементарные поверхности расположены в пределах этих границ.

Структурные линии разделены на пять главных категорий: 1) гребневые линии, проходящие через максимумы высоты или минимумы глубины; 2) килевые линии,

проходящие через минимумы высоты или максимумы глубины; 3) линии выпуклых перегибов; 4) линии вогнутых перегибов; 5) морфоизографы, связывающие точки с нулевой горизонтальной кривизной.

Первые 4 вида элементарных геоморфологических границ делят склон в профиле; морфоизографы оконтуривают элементарные поверхности в плане.

Все выделенные ареальные элементы были исследованы с точки зрения морфологии. Их абс. высоты ($H(x, y)$) и отн. высоты ($h(H_{(x, y)_{\max}} - H_{(x, y)_{\min}})$), градиенты высоты (уклоны) ($H'(x, y)$) и азимут падения (A°), вертикальная ($H''(x, y)$) и горизонтальная кривизна (K_r), циркуляционная экспозиция (Q°) были проанализированы и помещены в базу данных ГИС. Учитывались также протяженность склонов и близость места аварии к структурной линии, приуроченность к тому или иной типу элементарных поверхностей.

Выводы

1. Непосредственно природные факторы являются основной причиной аварий трубопроводов в России и северных штатах США лишь в 8-10% случаев. Но при учете тех аварий, где природные факторы не являются основными, но присутствуют, их доля возрастает до 40%. Большинство аварий связано с деятельностью человека - дефектами труб и оборудования, нарушениями при проведении строительных работ и правил эксплуатации.

2. Переувлажненный грунт и пересеченный рельеф являются косвенными причинами коррозии, способствующими также более быстрому проявлению дефектов труб и оборудования, а также строительных дефектов.

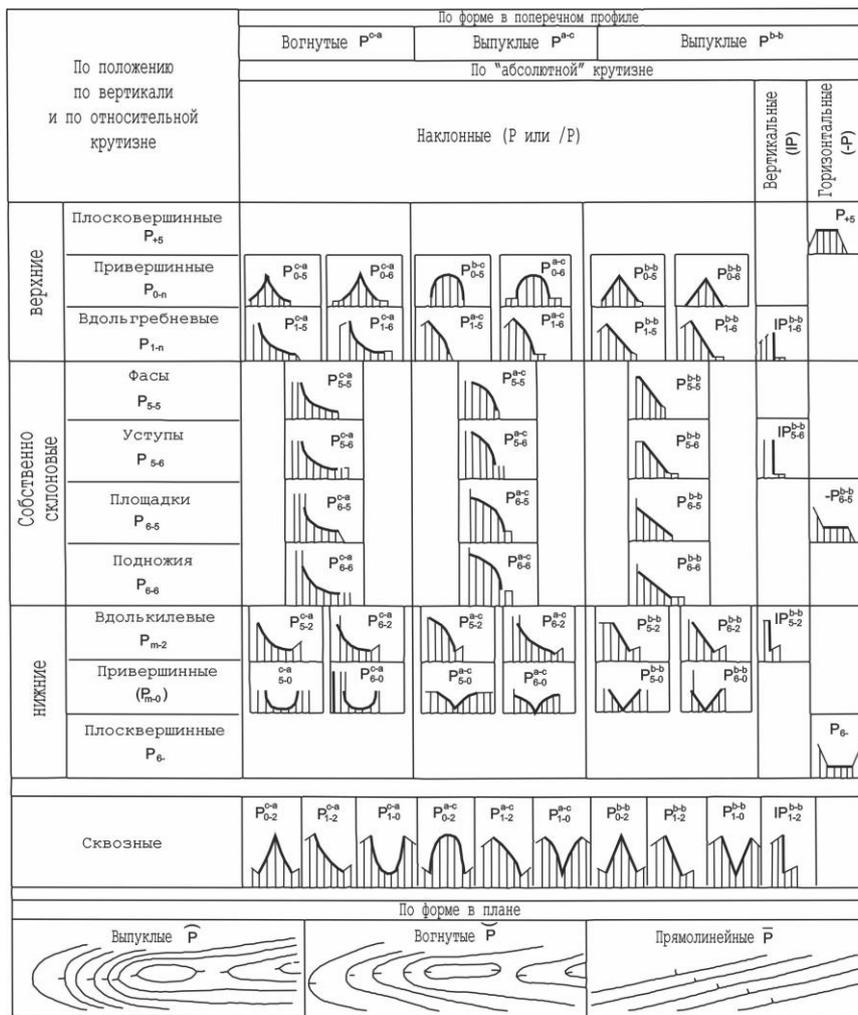


Рис. 1. Систематика элементарных поверхностей (по А. Н. Ласточкину [4]).

3. Предложенный А. Н. Ласточкиным из СПбГУ системно-морфологический подход позволяет выделять и картировать элементарные поверхности – места аварий и определять параметры этих местоположений.

4. В ГИС для выявления геоморфологических факторов аварийности трубопроводов северных штатов США учитывались такие параметры элементарных поверхностей – мест аварий, как: абс. и отн. высота, градиент и азимут падения, вертикальная и горизонтальная кривизна, циркуляционная экспозиция. Учитывались также протяженность склонов и близость к структурным линиям, приуроченность к типу элементарных поверхностей.

Первые результаты анализа геоморфологических факторов аварийности трубопроводов северных штатов США показали достаточно высокую степень корреляции показателей аварийности с такими параметрами, как крутизна, экспозиция и горизонтальная кривизна склонов, близость к линиям вогнутых перегибов (подножья) и килевым линиям (талъвеги).

Литература:

1. Арманд А. Д. Рукотворные катастрофы // Известия РАН. Сер. геогр. – 1993. — № 5. — Ст. 32-39.

2. Власова Л. В. Природные факторы при аварийности газопроводов // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. – 2009. – № 3. – Ст. 264-270.

3. Власова Л. В., Ракитина Г. С. Влияние природных опасностей на надежность функционирования единой системы газоснабжения России // Известия РАН. Энергетика. – 2009. – №5. – Ст. 43-51.

4. Ласточкин А. Н. Общая теория геосистем. Санкт-Петербург: Ренова, 2011.

5. Марахтанов В. П., Великоцкий М. А. Оптимизация размещения проектируемых магистральных газопроводов на севере Западной Сибири с учетом ландшафтных особенностей территории // Трубопроводный транспорт. – 2015. – №1. – Ст. 47-60.

6. Машков К. А. Некоторые закономерности пространственного распределения аварий трубопроводов и связь с геоморфологическими условиями // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». – № 2. – 2005. – Ст. 221-231.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ). Грант РФФИ №19-05-00683-а.