

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2026, Том 18, № 1 / 2026, Vol. 18, Iss. 1 <https://esj.today/issue-1-2026.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/55NZVN126.pdf>

1.6.21. Геоэкология (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Бузякова, И. В. Геоэкологическое моделирование последствий воздействия опасного волнового процесса на компоненты окружающей среды / И. В. Бузякова, А. И. Ревин // Вестник евразийской науки. — 2026. — Т. 18. — № 1. — URL: <https://esj.today/PDF/55NZVN126.pdf>.

For citation:

Buzyakova I.V., Revin A.I. Geoecological modeling of the effects of a dangerous wave process on environmental components. *The Eurasian Scientific Journal*. 2026;18(1): 55NZVN126. Available at: <https://esj.today/PDF/55NZVN126.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 699.8

Бузякова Инна Валерьевна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия
Доцент

Кандидат географических наук, доцент

E-mail: buzyakova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1664-0526>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=128264

Ревин Андрей Игоревич

ООО «ТехПромАрма», Москва, Россия

Заместитель генерального директора

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»,
Москва, Россия

E-mail: revin-ai@yandex.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1157967

Геоэкологическое моделирование последствий воздействия опасного волнового процесса на компоненты окружающей среды

Аннотация. В статье представлено детальное исследование аварийных ситуаций, возникающих на магистральных трубопроводах, классифицируемых как опасные техногенные катастрофы. Указанные инциденты характеризуются интенсивными выбросами или утечками вещества высокого давления, включая токсичные химические соединения, огнеопасные смеси, взрывчатые газовые среды и прочие технологически значимые жидкостные среды. Природа транспортируемого продукта варьируется от однокомпонентных однородных фаз до сложных многофазных композиций, включающих газообразные, жидкие и дисперсные фракции. Технологические аварии подобного рода обуславливают возникновение крупномасштабных чрезвычайных ситуаций антропогенного характера, представляющих существенный риск для здоровья человека, функционирования инфраструктурных объектов и устойчивого состояния природных экосистем. К типовым сценариям относится нарушение герметичности вследствие превышения предельных значений механических напряжений, приводящее к разрушению конструктивных элементов и последующей потере работоспособности инженерной сети транспортировки углеводородного сырья.

Авторами рассмотрены наиболее значимые последствия аварийных ситуаций на трубопроводных системах, вызванных нарушением их целостности вследствие воздействия волнового нагружения. Данные инциденты характеризуются загрязнением почвы, инфильтрацией токсичных компонентов в подземные и поверхностные водотоки, а также эмиссией загрязняющих агентов в атмосферное пространство.

Максимальная частота зафиксированных отказов приходится на объекты нефтегазового сектора и энергетической инфраструктуры, характеризующиеся экстремальными условиями эксплуатации линейных коммуникаций. Проведённые исследования позволили установить доминирующую роль процессов переходного характера — запуска и остановки насосного оборудования, закрытия запорной аппаратуры, — а также конструктивных слабых мест самих трубопроводов.

Таким образом, проведённый анализ позволяет заключить, что именно формирование опасных волновых процессов является основным фактором риска, определяющим вероятность реализации потенциально катастрофических эколого-технических событий.

Ключевые слова: мониторинг; моделирование аварийной ситуации; техногенные аварии; трубопроводная система; волновые процессы в трубопроводе; загрязнение компонентов окружающей среды; мероприятия по оптимизации

Введение

Движение рабочей среды по трубопроводам сопровождается динамическими воздействиями на конструкцию, проявляющимися в форме волновых явлений. К числу таких процессов относятся гидроудары, пульсации давления и переходные режимы, обусловленные изменением параметров потока. Данные воздействия носят кумулятивный характер: повторяющиеся циклы нагружения способствуют постепенному накоплению повреждений материала и снижению эксплуатационной надежности трубопроводной системы.

При достижении предельных значений напряженно-деформированного состояния происходит локальное либо полное разрушение конструкции, что ведет к разгерметизации и формированию аварийной ситуации.

Анализ статистических данных показывает, что наибольший уровень аварийности характерен для нефтегазового и энергетического комплексов, где трубопроводы эксплуатируются в условиях повышенных нагрузок и частых переходных режимов. Особую роль в формировании опасных волновых процессов играют технологические операции запуска и остановки насосного оборудования¹, резкое закрытие запорной арматуры, а также конструктивные особенности отдельных элементов системы [1–3].

Материалы и методы

Для количественной оценки влияния волновых процессов на прочность трубопровода выполнен сопряженный численный анализ типа FSI (Fluid-Structure Interaction), позволяющий учитывать взаимное влияние потока рабочей среды и деформируемой конструкции, взаимодействие твердотельной структуры с внешним или внутренним потоком, состоящий из этапов, представленных на рисунке 1.

¹ Федеральная служба государственной статистики. Число аварий на паровых и тепловых сетях [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.fedstat.ru/indicator/34063>, свободный. — Дата публикации: «б/д». — Дата обращения: 10.10.2024.

В качестве расчетной модели принят участок трубопровода длиной 3000 мм и диаметром 300 мм, изготовленный из стали 08X18H10T.

Стационарный этап расчета: на первом этапе получено установившееся течение, принимаемое в качестве исходного состояния системы. Параметры потока для стационарного расчета представлены в таблице 1.



Рисунок 1. Этапы сопряженного анализа FSI (Fluid-Structure Interaction) (составлено авторами)

Таблица 1

Параметры потока для стационарного расчета

Параметр	Ед. изм.	Значение
Температура	Т	20°С
Давление среды начальное (абсолютное)	p_0	8 МПа
Скорость потока до возникновения волнового процесса	v	5 м/с
Плотность (начальная)	ρ_0	1 002 $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
Скорость звука в среде	c_0	1 496 м/с

Составлено авторами

Сходимость решения оценивалась несколькими параметрами:

- сходимость скорости (рис. 2);
- сходимость давления (рис. 3).

После сходимости стационарного расчета менялись настройки решателя и граничные условия для моделирования нестационарного расчета и получения параметров волнового процесса. Шаг по времени для нестационарного расчета составляет $3 \cdot 10^{-7}$.

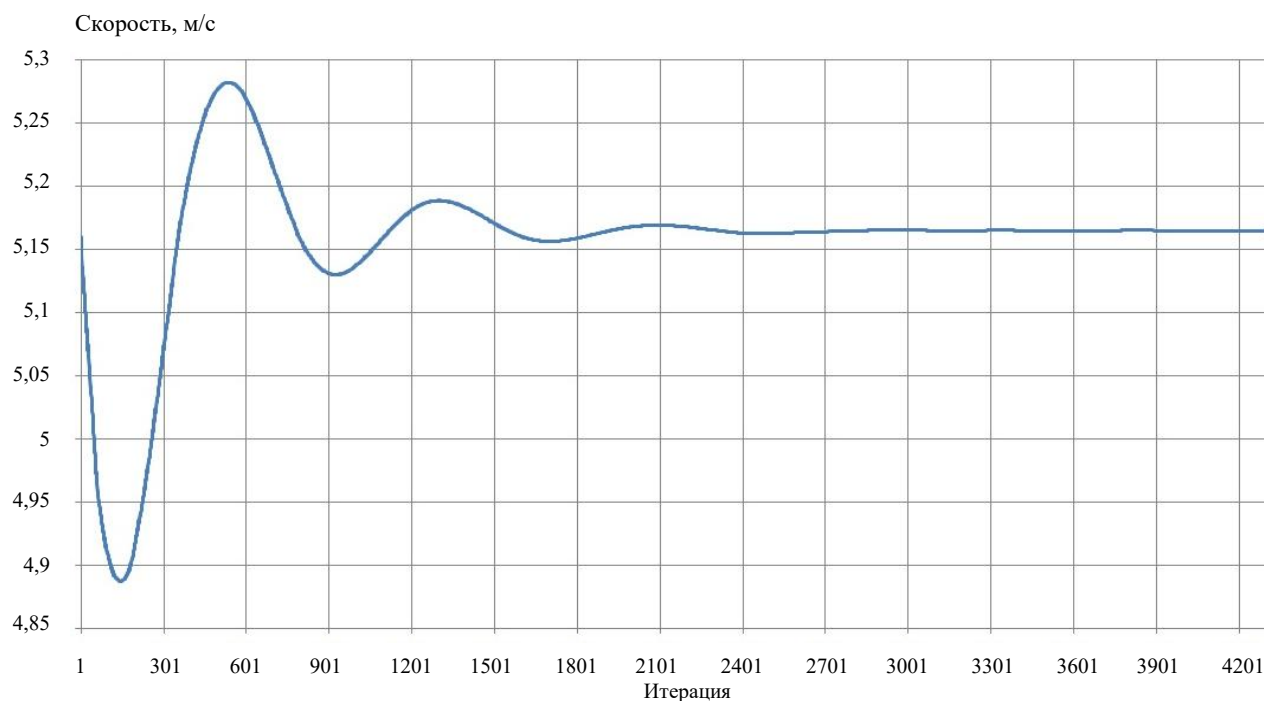


Рисунок 2. Сходимость скорости при стационарном расчете (получено авторами)

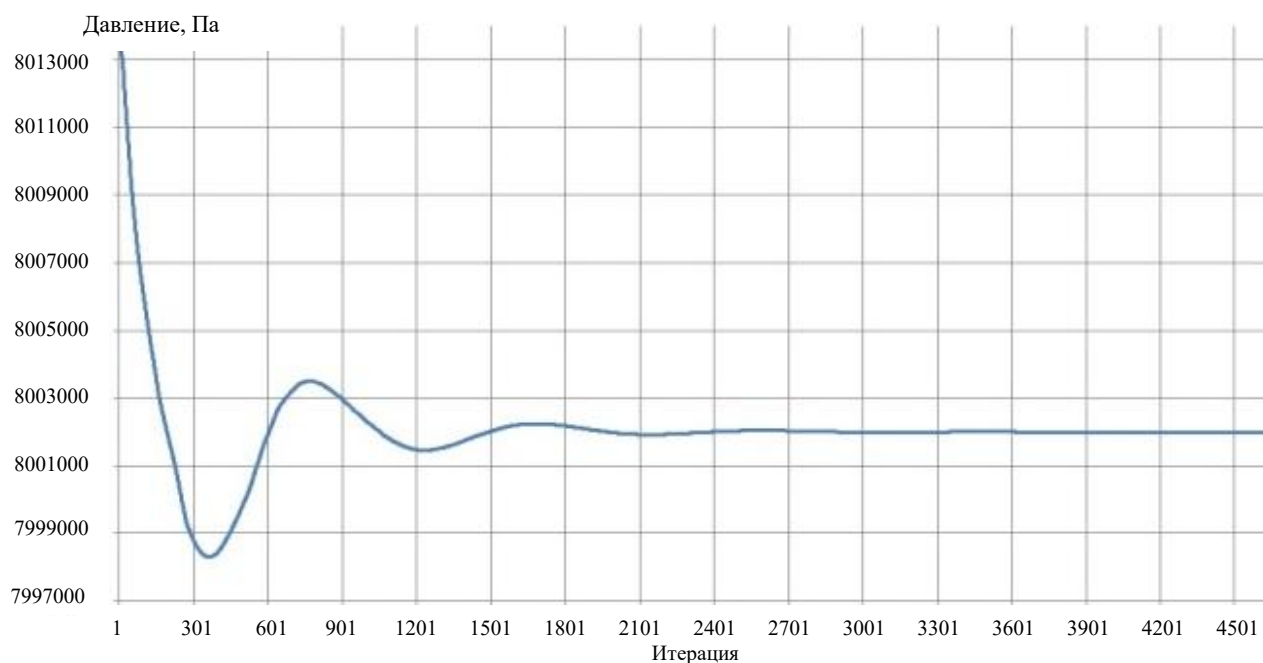


Рисунок 3. Сходимость давления при стационарном расчете (получено авторами)

Для моделирования волнового процесса в данном исследовании взято уравнение состояния. В данном исследовании состояние описывалось уравнением Тейта (1) [4]:

$$\rho = \rho_0 \cdot \sqrt[n]{1 + \frac{n \cdot (p - p_0)}{\rho_0 \cdot c_0^2}} \quad (1)$$

Расчет продолжался до момента стабилизации давления, при котором амплитуда колебаний не превышала 0,5 МПа.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты нестационарного анализа представлены в виде графиков (рис. 4), и сформированы в виде значений абсолютного давления в искомых сечениях с установленным шагом по времени.

На рисунке 4 красная линия (№ 1), иллюстрирует динамику изменения давления в поперечном сечении исследуемого участка трубопровода при инициировании волнообразного процесса, характеризующегося максимальным значением амплитудного отклонения $\Delta P_1 = 6,65$ МПа.

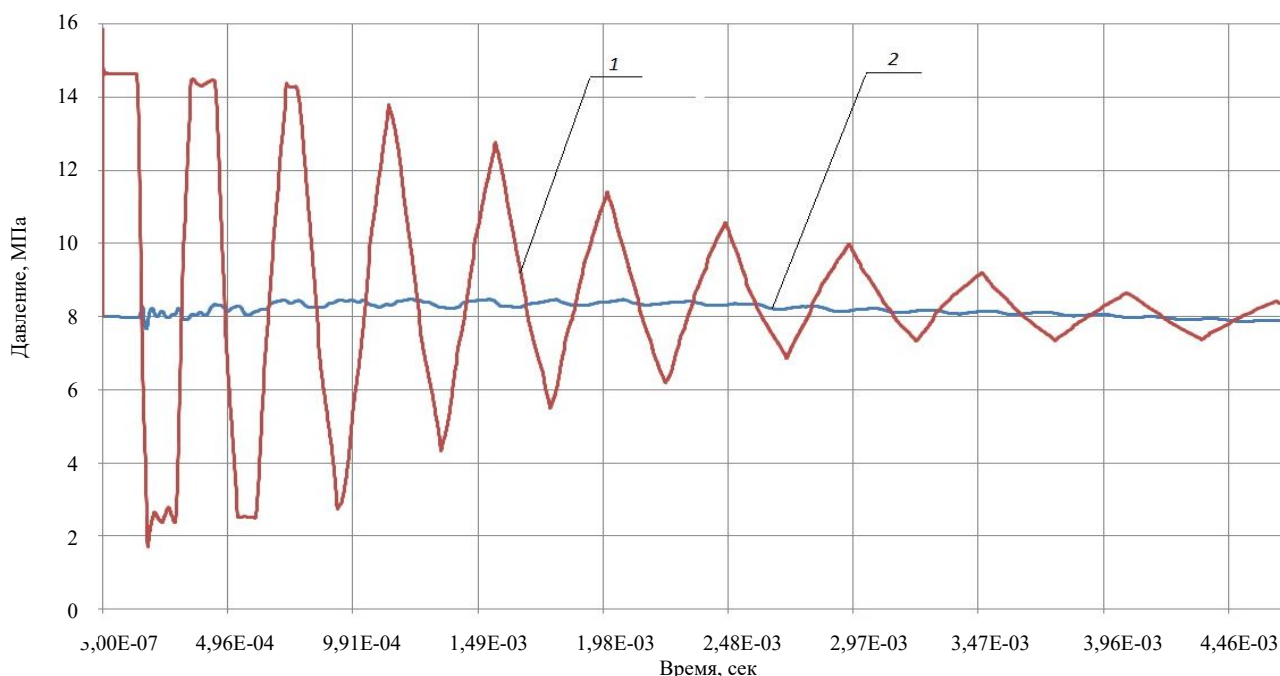


Рисунок 4. Результаты нестационарного расчета (получено авторами)

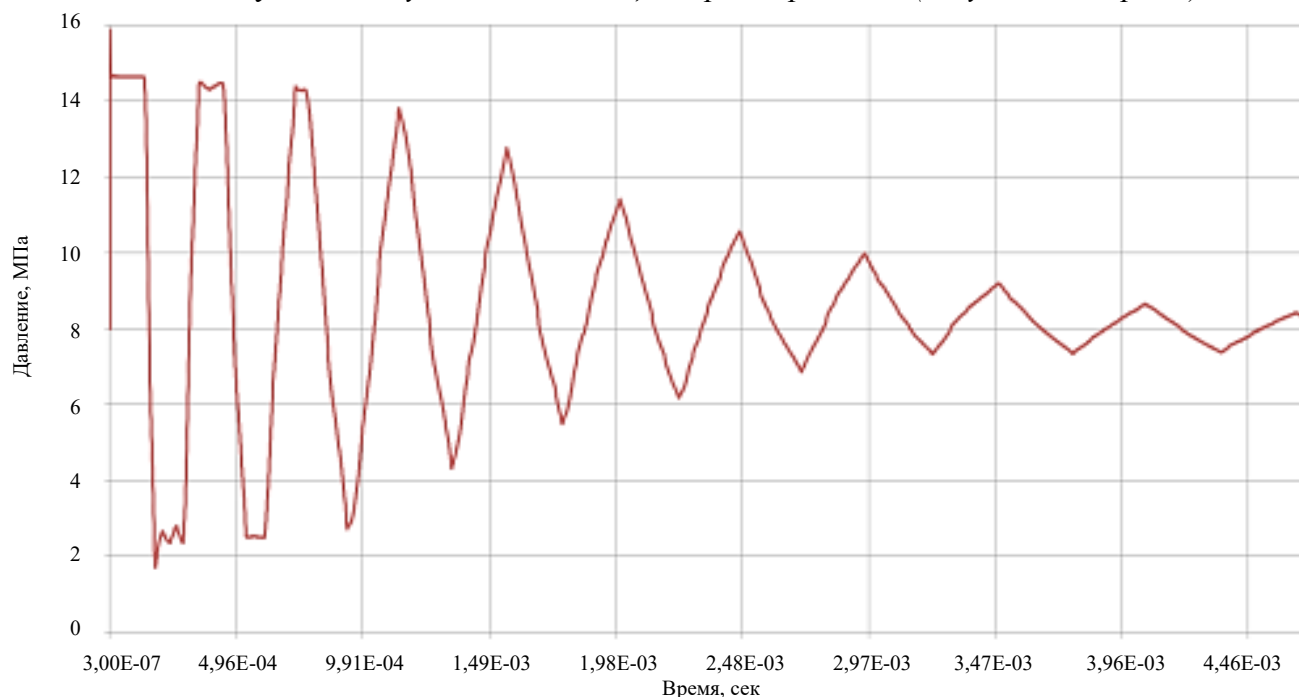


Рисунок 5. Граничные условия для динамического анализа напряженно деформационного состояния (далее НДС) (получено авторами)

Синяя линия (рис. 4) под номером 2 отображает аналогичную характеристику после внедрения комплекса мер по оптимизации эксплуатационных режимов трубопроводной системы, достигая своего пика при величине $\Delta P_2 = 0,48$ МПа.

Эффективность указанных оптимизационных мероприятий оценивалась посредством вычисления отношения значений пиковых отклонений давления до и после проведения соответствующих работ. В данном исследовании это отношение $\frac{\Delta P_1}{\Delta P_2}$ составило 13,85, что свидетельствует о снижении уровня ударной нагрузки примерно в 13 раз.

Параметры, получаемые путём численного моделирования неустойчивого режима течения жидкости в трубопроводе, использовались в качестве исходных данных для последующего динамического анализа напряженно-деформированного состояния стенок трубы (рис. 5, 6).

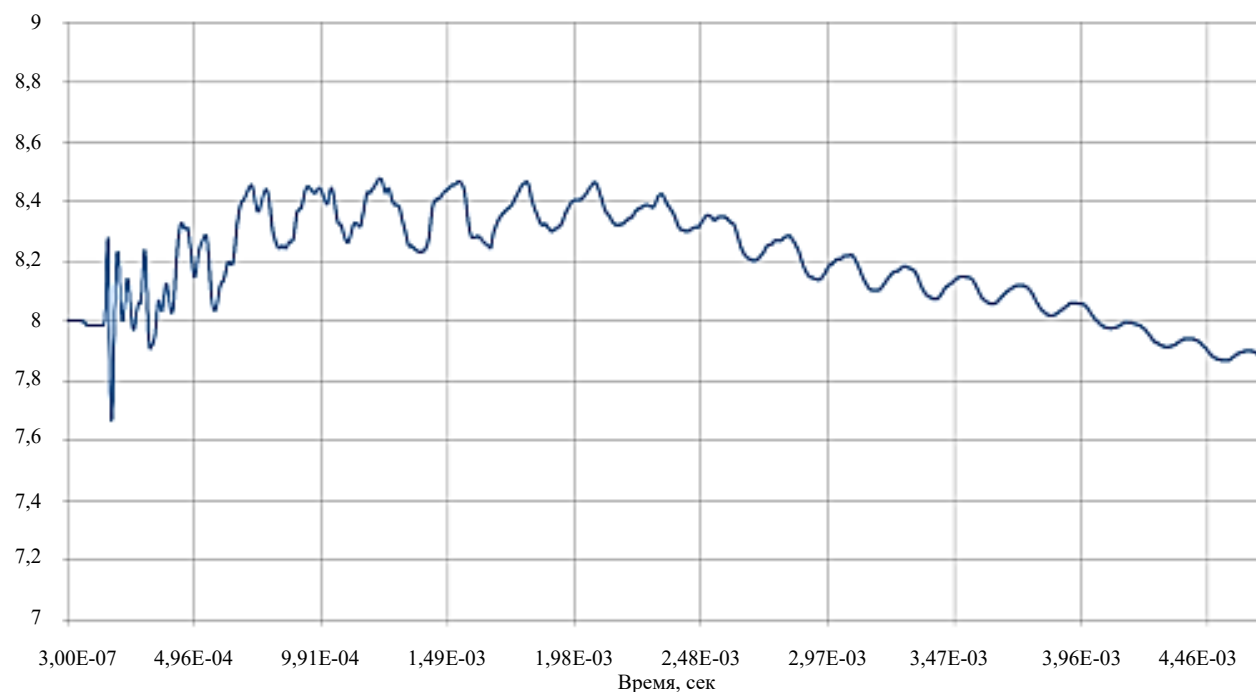


Рисунок 6. Граничные условия для динамического анализа НДС с применением мероприятий по оптимизации работы трубопровода (получено авторами)

Период колебаний, установленный в ходе математического моделирования, показал удовлетворительное совпадение с теоретическими расчётами, выполненными для заданной геометрической конфигурации рассматриваемого объекта исследования.

При проведении динамических расчётов предварительно осуществлялся статистический анализ преднапряжённого состояния трубопровода с учётом следующих краевых условий: материал стенки — сталь марки 08Х18Н10Т, плотность рабочей среды $\rho = 7\,850$ кг/м³, модуль упругости $E = 205$ ГПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$. Рассчитанные значения механических напряжений продемонстрировали наличие доминирующей гармонической составляющей с частотой 139 кГц, соответствующей колебаниям материала стенки трубопровода и принятой для оценки процессов накопления усталостных дефектов в структуре изделия. Максимальная амплитуда возникающих циклических напряжений составила 53,6 МПа.

Полученные результаты динамического анализа НДС, учитывающие предварительные данные, сформированные в процессе установившихся и переходных состояний, а также результатов анализа преднапряжённого состояния до начала эксплуатации корректирующих технологий, отражены графически на рисунках 7 и 8.

Полученные напряжения имеют две основные гармоники. Первая гармоника обладает частотой 2,9 кГц, совпадающей с рабочей частотой внешнего возмущающего волнообразного процесса в рассматриваемой среде. Вторая наложенная частота равна 139 кГц и соответствует колебаниям стенок трубопровода, необходимым для анализа динамики развития усталостных дефектов структуры материала. Амплитуда колебаний второго порядка достигает максимального значения 53,6 МПа.

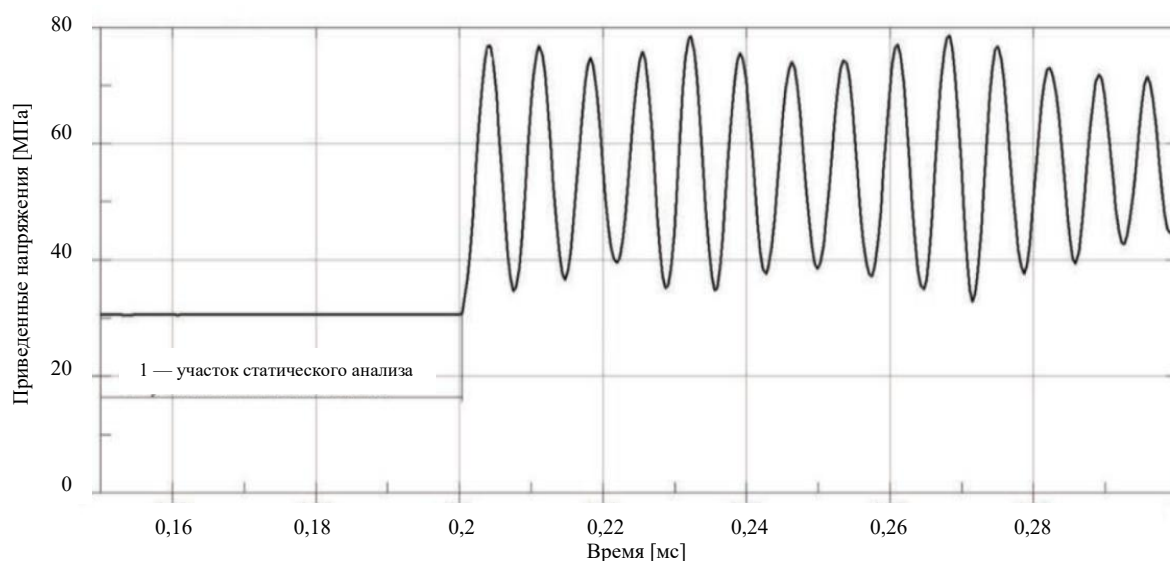


Рисунок 7. Изменения приведенных напряжений в стенке трубопровода (получено авторами)

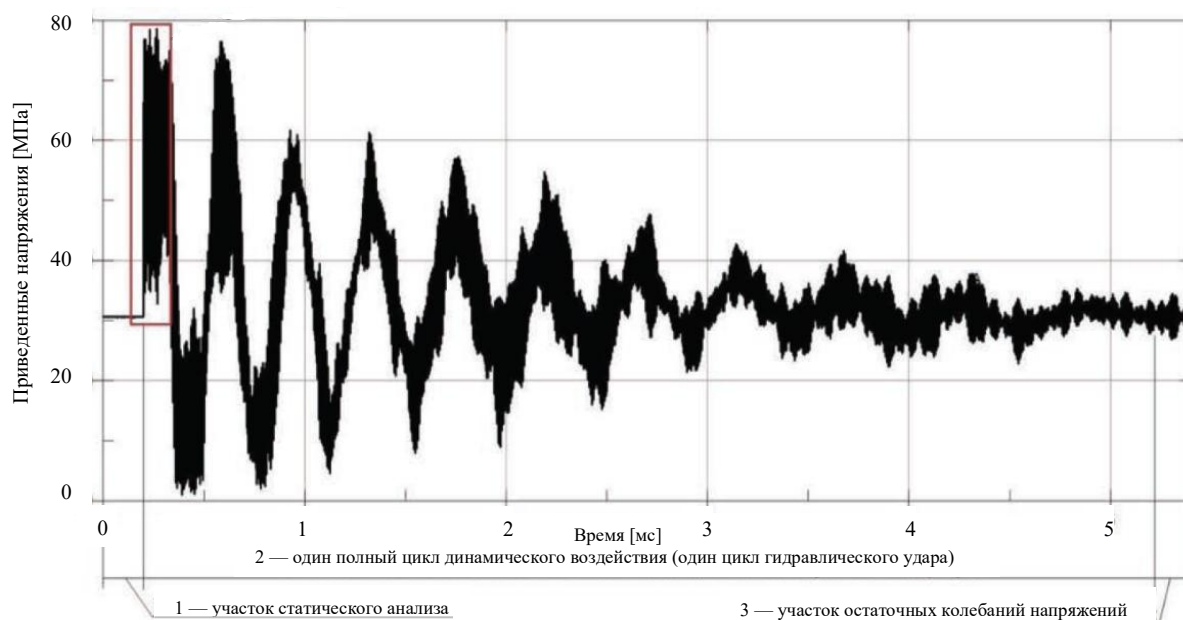


Рисунок 8. Один полный цикл динамического воздействия (получено авторами)

Для расчета с учетом реализации мероприятий по оптимизации работы трубопровода взяты отличные, от предыдущего расчета, граничные условия [5]. В результате получены более низкие пиковые значения напряжений, которые представлены на рисунках 9 и 10.

На частоте 139 кГц размах напряжений для данного случая составил 1,2 МПа. Сравнивая полученные результаты до и после реализации мероприятий по оптимизации работы трубопровода $\frac{53,6}{1,2}$ получаем, что во втором случае нагрузки от динамического воздействия на стенки трубопровода в 45 раз меньше, чем в первом случае.

С помощью полученных результатов динамического воздействия получаем кривую накопленных усталостных повреждений от воздействия одного цикла волнового процесса (рис. 11).

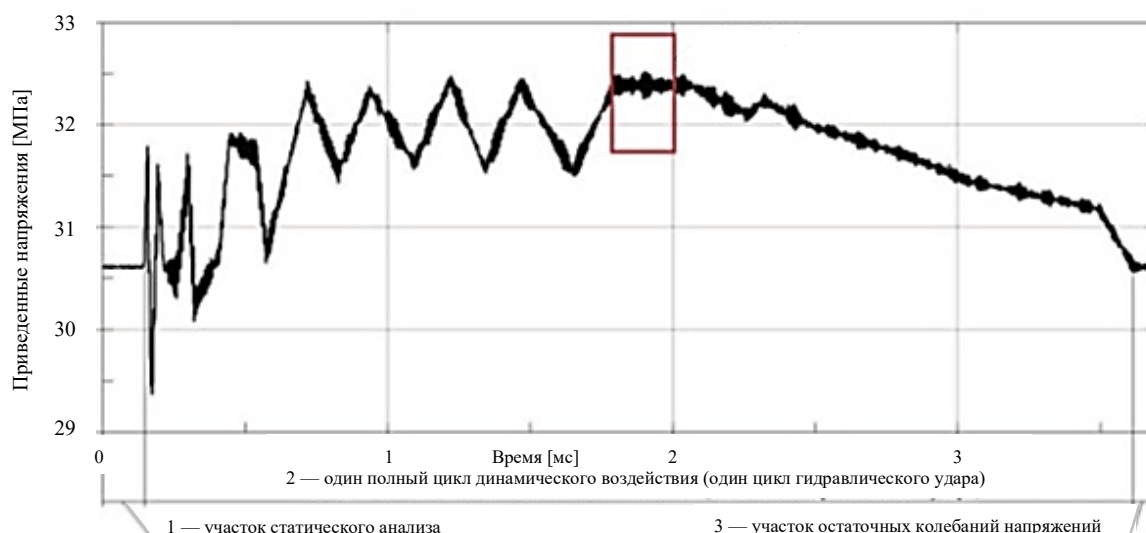


Рисунок 9. Изменения приведенных напряжений в стенке трубопровода с учетом мероприятий по оптимизации работы трубопровода (получено авторами)

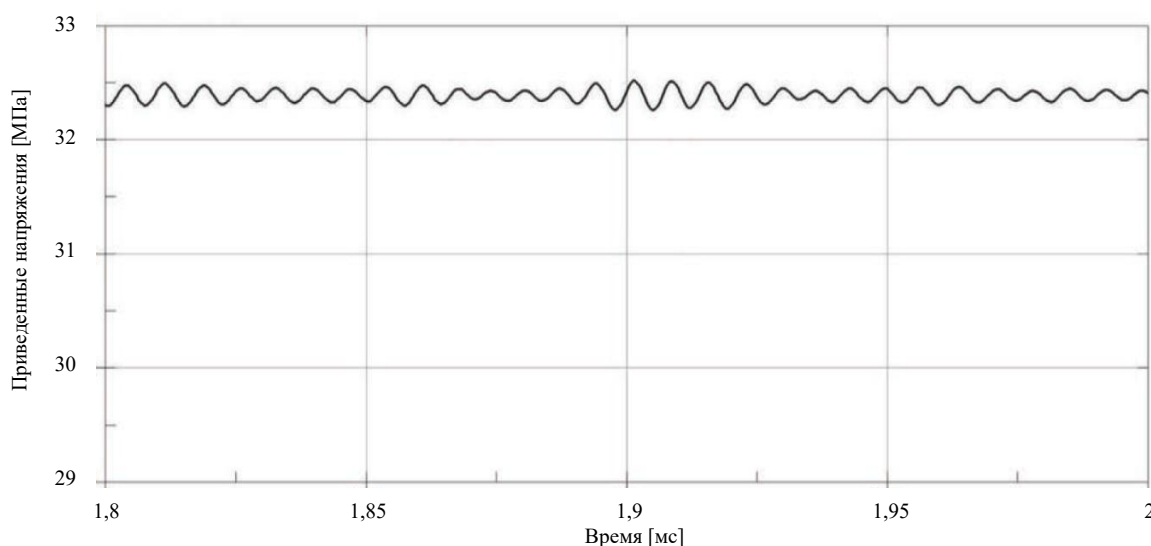


Рисунок 10. Один полный цикл динамического воздействия с учетом мероприятий по оптимизации работы трубопровода (получено авторами)

Линия красного цвета (рис. 11) под цифрой 1 показана кривая накопленных усталостных повреждений, где сумма накопленных повреждений составляет $\Sigma a_{730} = 1,96 \cdot 10^{-8}$.

Синяя линия (рис. 11) под номером 2 отражает аналогичные показатели при внедрении комплекса организационно-технических мероприятий, демонстрирует значительно меньшую величину накапливаемых повреждений $\Sigma a_{487} = 2,76 \cdot 10^{-19}$. А сравнение полученных результатов по накоплению усталостных напряжений, до и после реализации мероприятий по оптимизации работы трубопровода показывает значение равное $\frac{\Sigma a_{730}}{\Sigma a_{487}} = 7,1 \cdot 10^{10}$.

Используя данные, полученные в результате нестационарных расчетов и динамического воздействия вычисляем прочностные пределы эксплуатации в условиях воздействия на стенки трубопроводов опасных волновых процессов (рис. 12).

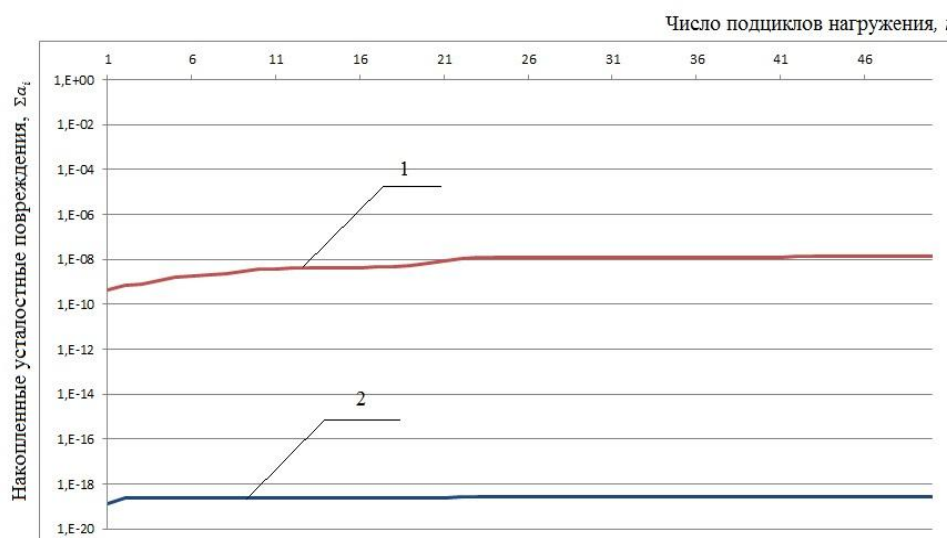


Рисунок 11. Кривая накопленных усталостных повреждений (получено авторами)

Синяя линия (рис. 12) иллюстрирует число полных циклов волнового влияния до начала возникновения пластических деформаций в материале стенки трубопровода, способствующих развитию разрушения конструкции при отсутствии комплексных мер повышения надёжности. Согласно проведённым оценкам, такая ситуация возникает уже после 135 циклов волновой нагрузки, сопровождая собой нарушение целостности и потерю герметичности трубопровода.

Красная линия (рис. 12) описывает аналогичный процесс, однако при введении предложенных мероприятий по повышению безопасности эксплуатации трубопровода. Анализируя этот случай, выясняется, что ресурс трубы возрастает существенно — полное разрушение наступает лишь спустя 609 129 циклов нагрузки.

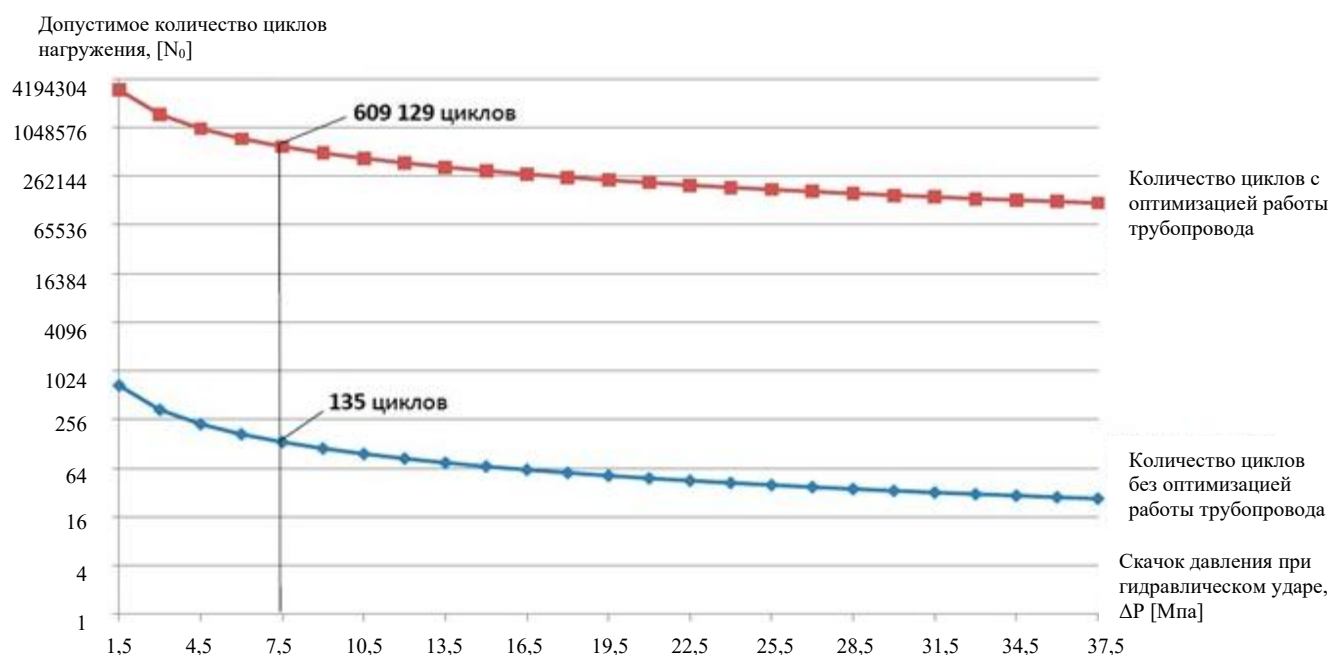


Рисунок 12. Оценка прочности трубопроводов в условиях воздействия опасных волновых процессов (получено авторами)

Таким образом, введение рассмотренных мер повышает устойчивость трубопровода к воздействию опасных волновых факторов примерно в $\frac{609\,129}{135} = 4\,512$ раз.

Развитие пластических деформаций ведёт к возникновению нарушений геометрии стенок трубопровода, сопровождаемых последующим разрушением и утратой герметичности. Принимая диаметр трубопровода равным 300 мм, скорость течения жидкости равной 5 м/с и считая переносимым продуктом нефть, становится возможным оценить объём утечки в результате полного разрыва трубопровода. После прохождения 135 циклов воздействия возникают серьёзные нарушения оболочки трубопровода, создающие угрозу масштабного загрязнения окружающей среды. Так, оценённый объём выброса нефти составит порядка 1 272,6 м³/час. Данный объём способен покрыть слой толщиной 1 см на площади поверхности приблизительно 12,726 гектаров, кардинально меняя экологические параметры природных экосистем [6].

На основании анализа потенциального риска разрушения трубопровода на производственном объекте публичного акционерного общества «Лукойл» был выполнен расчет динамики распространения загрязнений окружающей среды в условиях непрерывного истечения нефти продолжительностью пять часов — временного интервала, необходимого для локализации инцидента и полного осушения поврежденного участка трубопровода. Результаты расчета представлены графически на рисунке 13, демонстрирующем характер пространственно-временного распределения загрязняющего вещества и отражающем скорость расширения зоны поражения: каждые последующие шестьдесят минут площадь покрытия нефтепродуктами увеличивается на фиксированную величину порядка 127 260 м², формируя значительную угрозу экосистеме региона.

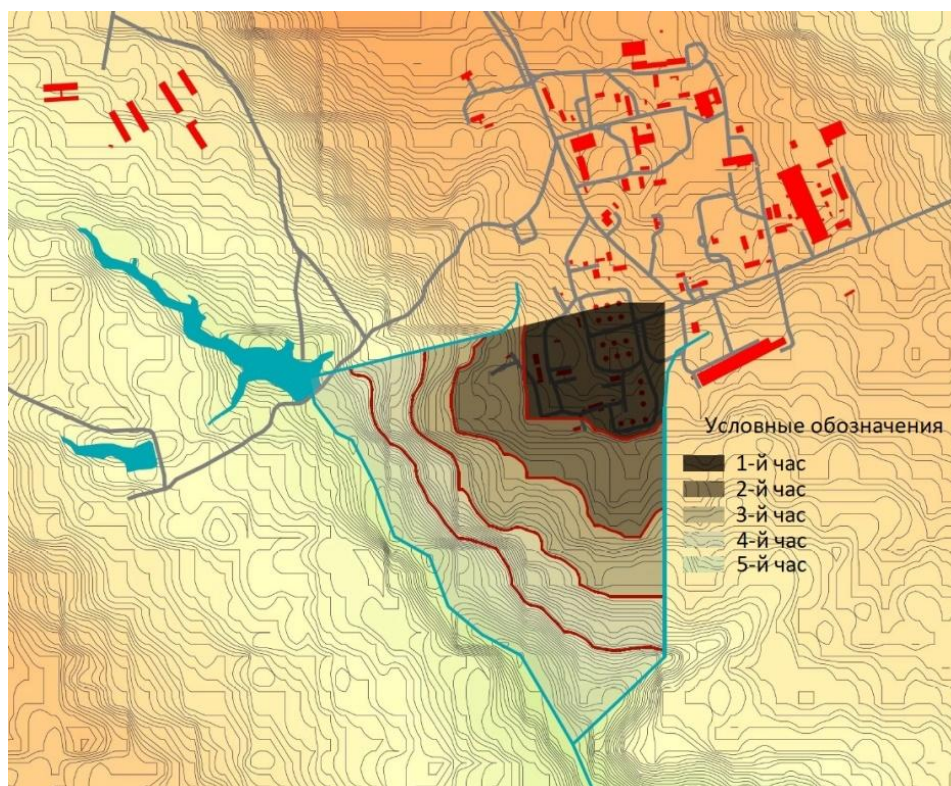


Рисунок 13. Карта-схема распространения загрязнения территории при разрыве нефтепровода в районе расположения объекта ПАО «Лукойл» (составлено автором)

Экологические последствия такого масштабного выброса характеризуются комплексом негативных изменений физико-химических свойств почвы и водного объекта. Наблюдается снижение концентрации свободного кислорода в грунте, изменение количественных показателей биоты и сокращение видового разнообразия педобионтов. Массовый мор представителей почвенной мезофауны сопровождается угнетением процессов фотосинтеза высших растений [7; 8].

Поглощение солнечной радиации способствует формированию деформаций рельефа, включая образование просадочных зон, оползневых явлений и подтоплений территорий, усиливающих деградационные процессы природного ландшафта.

После попадания нефти в водную среду начинается процесс её трансформации, сопровождающийся формированием различных фазовых состояний [9; 10]: поверхность водоёма покрывается плёнкой («сликом»), нарушающей естественный баланс массообмена между водной поверхностью и воздушной средой. Растворимые и дисперсные формы соединений проникают внутрь акватории, распространяя токсичные элементы среди биоты, а тяжёлые органические соединения накапливаются в придонном горизонте, концентрируясь вдоль границ раздела вода-воздух, вода-грунт и вода-прибрежная зона.

Интеграция молекул и частиц нефти в структуру биотической составляющей осуществляется через сорбционные механизмы взаимодействия с микроорганизмами, детритом и планктоном, повышая уровень проникновения токсикантов в трофические цепи и вызывая гипоксию водных сообществ.

Касаясь непосредственно живых организмов, находящихся в зоне воздействия нефти, отмечается высокая степень повреждения жизненно важных функций: нервная система поражается первично, органы дыхания и желудочно-кишечного тракта страдают вторичным образом, провоцируя необратимую утрату адаптационных способностей, что ведёт к вымиранию населения рассматриваемых таксонов.

Состав нефти характеризуется наличием широкого спектра органических соединений разной молекулярной массы, среди которых выделяются лёгкие бензиновые фракции, обладающие высокими показателями летучести, такими как бензол, толуол, этилбензол. Они активно переходят в парообразное состояние и распространяются в атмосфере, увеличивая нагрузку на дыхательную систему наземных животных [11; 12]. Интенсивность эмиссии паров легколетучих углеводородов прямо пропорциональна ряду факторов: температуре поверхности, толщине нефтяного слоя, типу и массе пролитых продуктов. Установлено, что объёмы испарённых низкомолекулярных углеводородов варьируются от 10 % при разливах тяжёлых сортов нефти до 75 % при разливах лёгких фракций, обуславливая формирование аэрозольных облаков и последующий рост респираторных заболеваний у млекопитающих, проживающих вблизи очагов загрязнения [13].

Расчёт интенсивности поступления загрязняющих веществ в атмосферу, выполненный методом экстраполяции экспериментальных данных согласно утверждённому методическому руководству Минтопэнерго РФ [14; 15], показывает, что при аварии подобной природы величина поступивших в воздух углеводородов варьируется от 573 до 6 872 кг/ч, в зависимости от характеристик нефтепродукта и условий внешней среды.²

Выводы

Таким образом, геоэкологическая оценка выявила чёткую корреляционную связь между параметрами экстремального волнового явления и уровнем антропогенного давления на окружающую среду. Опасные волновые процессы следует рассматривать как ключевой фактор риска, формирующий вероятность возникновения чрезвычайных экологических ситуаций.

² Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах / ИПТЭР; разраб. А.Г. Гумеров, Р.С. Гумеров, Х.А. Азметов и др. — М.: ТрансПресс, 1996. — 68 с. — Утверждена Минтопэнерго РФ 01.11.1995. — Согласована с Департаментом государственного экологического контроля Минприроды РФ.

Техногенные аварии на трубопроводах приводят к загрязнению почв, к токсичным выбросам в атмосферу, а также инфильтрации вредных веществ в грунтовые и поверхностные воды.

В случае применения современных методов оперативного обнаружения опасных волновых процессов в трубопроводе события данного негативного сценария по воздействию на компоненты окружающей среды можно исключить.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ревин А.И., Бузякова И.В. Анализ аварийности при эксплуатации трубопроводов и ее влияние на окружающую среду // В сборнике: Потаповские чтения — 2022. Сборник материалов VII ежегодной Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Александра Дмитриевича Потапова. Москва, 2022. С. 208–211. EDN: TQXSGQ.
2. Ревин А.И., Бузякова И.В. Анализ уязвимости конструктивных элементов трубопроводной системы. // Перспективы науки. 2025;187(4):122–126. EDN: EXABQY.
3. Климова Д.Н., Андрухова В.Я. Влияние трубопроводного транспорта на окружающую среду // В сборнике: Оценка качества и безопасность потребительских товаров. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Иркутск, 2021. С. 214–220. EDN: RNQTIW.
4. Шустрова, М.Л. Средства численного моделирования гидродинамических параметров процессов / М.Л. Шустрова, И.М. Аминев, А.Д. Байтимиров // Вестник Казанского технологического университета. — 2014. — Т. 17, № 14. — С. 221–224. EDN: STIAYZ.
5. Ревин А.И., Бузякова И.В. Современный комплекс контроля волновых процессов для мониторинга трубопроводных систем. // Экология и промышленность России. 2025;29(4): С. 9–14. DOI: 10.18412/1816-0395-2025-4-9-14.
6. Ревин А.И., Бузякова И.В. Экспериментальные исследования волновых процессов в трубопроводной системе // Вестник МГСУ. 2025. Т. 20 Вып. 4 С. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.4.559-568.
7. Колесников, С.И. Экологическое состояние и функции почв в условиях химического загрязнения / С.И. Колесников, К.Ш. Казеев, В.Ф. Вальков. — Ростов-на-Дону: Ростиздат, 2006. — 385 с. — ISBN 5-7509-1201-9. EDN: XIPPFХ.
8. Булатов, В.И. Нефть и экология: научные приоритеты в изучении нефтегазового комплекса: Аналитический обзор / ГПНТБ СО РАН, Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий. — Новосибирск, 2004. — 155 с. — (Сер. Экология. Вып. 72). ISBN 5-94560-083-0. EDN: HKZOIZ.
9. Пиковский, Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде: монография / Ю.И. Пиковский. — Москва: ИНФРА-М, 2019. — 207 с. — (Научная мысль). — ISBN 978-5-16-011190-2. — Текст: электронный. — URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1032987> (дата обращения: 26.12.2025). — Режим доступа: по подписке.
10. Семенов, В.В. Химическое загрязнение поверхностных водоемов России / В.В. Семенов, М.А. Перевозников, С.Г. Ивахнюк. — Санкт-Петербург: Нестор-История, 2014. — 254 с. — ISBN 978-5-4469-0227-9. EDN: MBIIDP.

11. Backhaus, T., Brack, W., Van den Brink, P.J. et al. Assessing the ecological impact of chemical pollution on aquatic ecosystems requires the systematic exploration and evaluation of four lines of evidence / *Environ Sci Eur* 31, 98, 2019. — DOI: 10.1186/s12302-019-0276-z.
12. Ходжаева, Г.К. Оценка риска аварийности нефтепроводных систем в аспекте геодинамических процессов: монография / Г.К. Ходжаева; Нижневартковский государственный университет. — Нижневартковск: Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2016. — 132 с. — ISBN 978-5-00047-288-0. EDN: XACWBB.
13. Vardy, A.E., Brown, J.M.B. Transient turbulent friction in smooth pipe flows / *Journal of Sound and Vibration*, 259(5), 2003 — Pp. 1011–1036. <https://doi.org/10.1006/jsvi.2002.5160>.
14. Вериженко, А.Ю. Тепловые загрязнения окружающей среды / А.Ю. Вериженко, А.Е. Казначеев, Т.И. Тихомирова // *Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования*. — 2020. — № 1(5). — С. 128–130. EDN: L1HJGU.
15. Латыпова О.В., Невдах Д.А. Методика определения экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного характера (пожаров) // *Пожаровзрывобезопасность*. 2004 Т. 13 № 2 С. 83–89. EDN: PVBTVH.

Buzyakova Inna Valeryevna

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

E-mail: buzyakova@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1664-0526>

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=128264

Revin Andrey Igorevich

TechPromArma LLC, Moscow, Russia

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

E-mail: revin-ai@yandex.ru

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1157967

Geoecological modeling of the effects of a dangerous wave process on environmental components

Abstract. The article presents a detailed study of emergency situations occurring on main pipelines classified as dangerous man-made disasters. These media can be in liquid, gaseous states or represent complex multiphase mixtures. The consequences of accidents include the occurrence of man-made emergencies that can cause significant harm to human health, the infrastructure of technospheric facilities, as well as environmental ecosystems. An example of such incidents is the destruction of pipelines. When the emergency load limit is reached, a system failure occurs in the pipelines due to exceeding the permissible stress level, which leads to loss of tightness and destruction of the pipeline structure.

The most serious consequences of accidents on pipelines are caused by a violation of their tightness under the influence of wave loads. Such incidents lead to soil pollution, infiltration of harmful substances into groundwater and surface waters, as well as emissions into the atmosphere.

The highest accident rate is recorded in the oil and gas industry and the energy sector, where pipeline communications are operated in the most severe conditions. It has been established that transient technological processes (start-up, stop of pumping equipment, valve closure), as well as structural weaknesses of pipelines, play a critical role.

Dangerous wave processes should be considered as a key risk factor that creates the likelihood of environmental emergencies.

Keywords: monitoring; emergency simulation; man-made accidents; pipeline system; wave processes in the pipeline; pollution of environmental components; optimization measures