

УДК 528.4

ОСОБЕННОСТИ НОВОЙ МЕТОДИКИ ВЫЯВЛЕНИЯ ОЧАГОВ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ С УЧЕТОМ ДЕСТАБИЛИЗИРУЮЩИХ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГАЗА, НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

Т. П. Варшанина¹, Р. Д. Хунагов¹, Ю. А. Копытенко², Н. В. Малютин³, А. А. Петрова²

ФГБОУ ВО «Адыгейский государственный университет»¹,

Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова Российской академии наук (СПбФ ИЗМИРАН)²

ООО «Конструкторское бюро информатики, гидроакустики и связи» (ООО «КБ ИГАС»)³

Сведения об авторах

Татьяна Павловна Варшанина, доцент, к.б.н., зав. Центром интеллектуальных геоинформационных технологий НИИ комплексных проблем Адыгейского государственного университета, директор МИП ООО «Гео-Вертекс»

Рашид Думаличевич Хунагов, д.социол.н., профессор, директор НИИ комплексных проблем Адыгейского государственного университета

Юрий Анатольевич Копытенко, д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник, руководитель отдела геомагнитных исследований СПбФ — Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова РАН

Николай Васильевич Малютин, академик РАН, д.т.н., профессор, директор по инновациям и развитию ООО «Конструкторское бюро информатики, гидроакустики и связи».

Петрова Алевтина Александровна, к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник СПбФ — Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова РАН

1. Описание проблемы, обоснование актуальности исследований

В настоящее время на территории Российской Федерации эксплуатируется более 241 тыс. км магистральных и около 350 тыс. км промысловых трубопроводов. Основные фонды трубопроводного транспорта России стареют — например, средний возраст газопроводов Северо-Запада составляет 30–35 лет, что неизбежно приближает кризисные явления. Средняя частота аварий в России за последние 10 лет составляет 0,17 аварии/год/1000 км для газопроводов и 0,25 аварии/год/1000 км для нефтепроводов [6].

¹ ФГБОУ ВО «Адыгейский государственный университет» 385000, Республика Адыгея, г. Майкоп, ул. Первомайская, д. 208
² Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н. В. Пушкова Российской академии наук (СПбФ ИЗМИРАН) 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 5, лит. Б.
³ ООО «Конструкторское бюро информатики, гидроакустики и связи» (ООО «КБ ИГАС») 115191, г. Москва, пер. Духовской, д. 17, пом. 1, офис 47

Аварийные ситуации связывают с дестабилизирующими факторами на трассах трубопроводов под влиянием внешних, по большей части природных воздействий, к которым относят агрессивность почвогрунтовых вод, а также термальные, магнитные и электротеллурические локальные аномалии. При этом отмечается определенная периодизация повторения аварийных ситуаций на некоторых участках трубопроводов, что указывает на их связь с геодинамическими процессами в земной коре.

Так, известна связь скорости тектонических движений и возрастания величины тектонических напряжений в локусах интенсивного взаимодействия тектонических элементов земной коры, с одной стороны, и флуктуаций термальных и геоэлектрических характеристик, интенсивности вертикальной миграции флюидов — с другой [1, 2, 9, 10]. С перечисленными процессами связано формирование локальных участков возрастающей агрессивности почвогрунтовых вод и приземного воздуха, интенсивного протаивания многолетней мерзлоты. Перепад скоростей вертикальных и горизонтальных движений

Предлагается природоподобная технология автоматизированной информационно-математической визуализации и мониторинга очагов геодинамической неустойчивости с сопутствующими им геофизическими и гидрологическими аномалиями для определения оптимальной маршрутизации и применения соответствующих конструкторских решений, повышающих срок безаварийной эксплуатации трубопроводного транспорта.

Ключевые слова: локальное поле тектонических напряжений, геодинамическая неустойчивость, оптимизация маршрутизации трубопроводов.

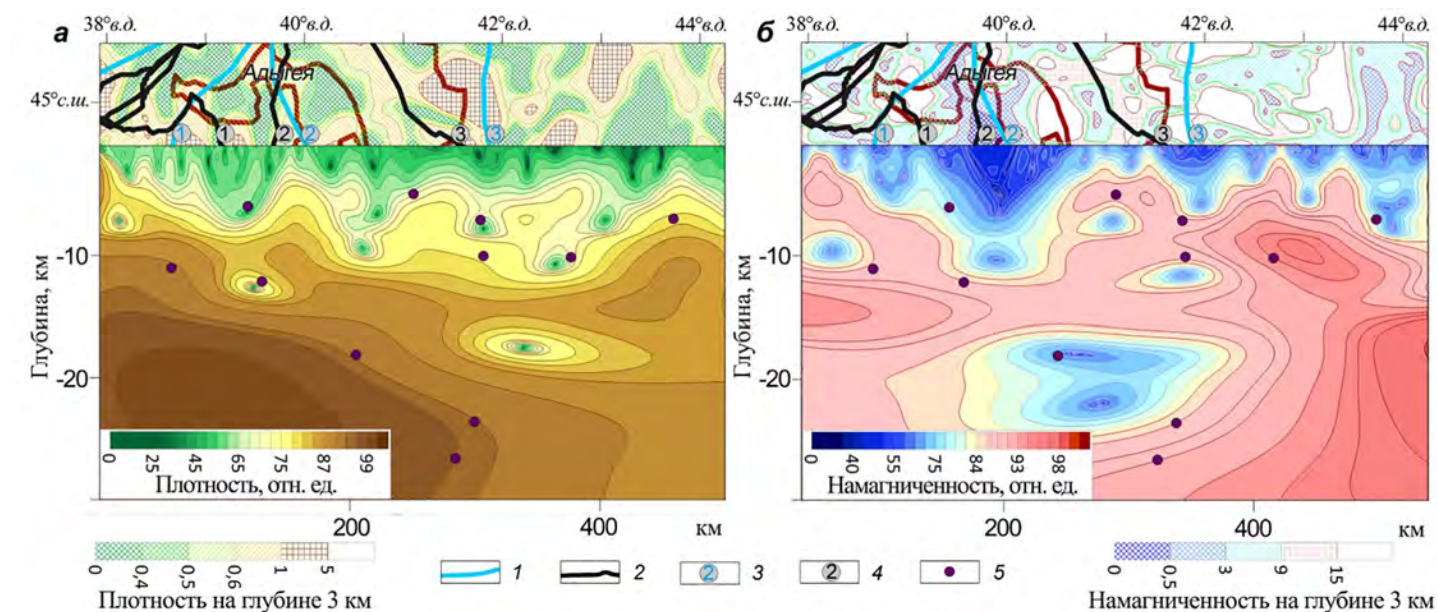


Рис. 1. Глубинные разрезы Адыгеи: плотностной (а); магнитный (б). 1 — газопроводы: 1. «Голубой поток»; 2. Ростов — Майкоп; 3. Новопсков — Аксай — Моздок. 2 — Нефтепроводы: 1. Хаджыженск — Краснодар; 2. Тихорецк — Туапсе I, II; 3. Баку — Тихорецк. 5 — очаги землетрясений

между тектоническими элементами земной коры также создает участки локальной неустойчивости на трассах трубопроводов.

Для газонефтяной инфраструктуры Республики Адыгея проведен анализ потенциально опасных зон эндогенного характера по системе широтных профилей и двумерный анализ на основе комплексной интерпретации магнитных аномалий, аномалий силы тяжести и сейсмологических данных [7, 8, 12]. Двумерные расчеты плотности и намагниченности земной коры Адыгеи выполнены на уровне глубины ~3 км. Они представлены в виде подосновы на соответствующих разрезах (рис. 1).

Плотностные и магнитные свойства неоднородностей земной коры исследованы методом спектрально-пространственного анализа (СПАН) [16]. Наиболее наглядно разломные нарушения земной коры визуализируются на плотностных и магнитных разрезах.

Вертикальные разрывные нарушения под влиянием глубинных природных факторов играют ведущую роль в процессе дестабилизации нефтегазовой инфраструктуры. Вертикальная миграция к поверхности термофлюидных потоков приводит к развитию коррозии трубопроводов. Флюид — перемещающийся из мантии поток легких летучих химически активных соединений, находящихся в конденсированном состоянии. Пути потока флюидов прослеживаются на разрезах в виде каналов с пониженными плотностными и магнитными свойствами [8, 12, 17].

Геодинамические режимы земной коры и процессы тектонотермальной переработки отражены в особенностях плотностного и магнитного разрезов. Очаги землетрясений тяготеют к контактам пород разной плотности, к вертикальным разломным зонам и латеральным границам неоднородностей земной коры. Плотностной разрез подчеркивает слоистость и раздробленность земной коры, траекторию и районы выхода флюидных каналов. Термофлюидные каналы ярче проявляются на магнитном разрезе.

На примере разрезов вдоль широтного профиля видно, что в Адыгее нефтепроводы 1–3 и газопроводы 2–3 находятся в зоне вертикальных выходов флюидных каналов. Наиболее сложная

ситуация по развитию коррозии возможна на нефтепроводе (2) и газопроводе (2) в районе долины р. Белой, где при наличии сейсмического события вероятно возникновение выхода термофлюидного потока из флюидонасыщенных слоев с глубины более 20 км (рис. 1).

Решение проблемы выявления местоположения выходов каналов дает возможность прогнозировать локализацию зон дестабилизации, обусловленных влиянием глубинных факторов.

В СНИП 11-02-96 присутствуют рекомендации для исследований сейсмологического и сейсмотектонического состояния территории, которые обычно производятся по историческим и инструментальным данным. Но эти данные не позволяют построить актуальную системную геодинамическую модель территории для оперативного мониторинга и анализа вдоль трасс трубопроводов континуального поля тектонических напряжений и выявления участков их локальной концентрации.

Решение этих задач обеспечивает природоподобная методология информационно-математической визуализации континуального и локального полей тектонических напряжений на больших площадях [3, 4, 5, 18] (патент РФ № 2641510), в том числе для диагностической локализации на трубопроводах участков геодинамической неустойчивости и сопутствующих ей гравитационной, электромагнитной, теллурической тепловой и дегазационной аномалий.

2. Сущность методологии

Основанием методологии является утверждение о структурном соответствии гипсометрических параметров рельефа и тектонических напряжений в реальной геологической среде с ее геологическими свойствами [11].

Построение векторного пространственно-временного поля, структурно подобного полю тектонических напряжений, производится методом выявления тектонических движений земной коры в результате сравнительного анализа высотного положения базисных поверхностей, построенных относительно тальвегов однопорядковых водотоков [15, 16].

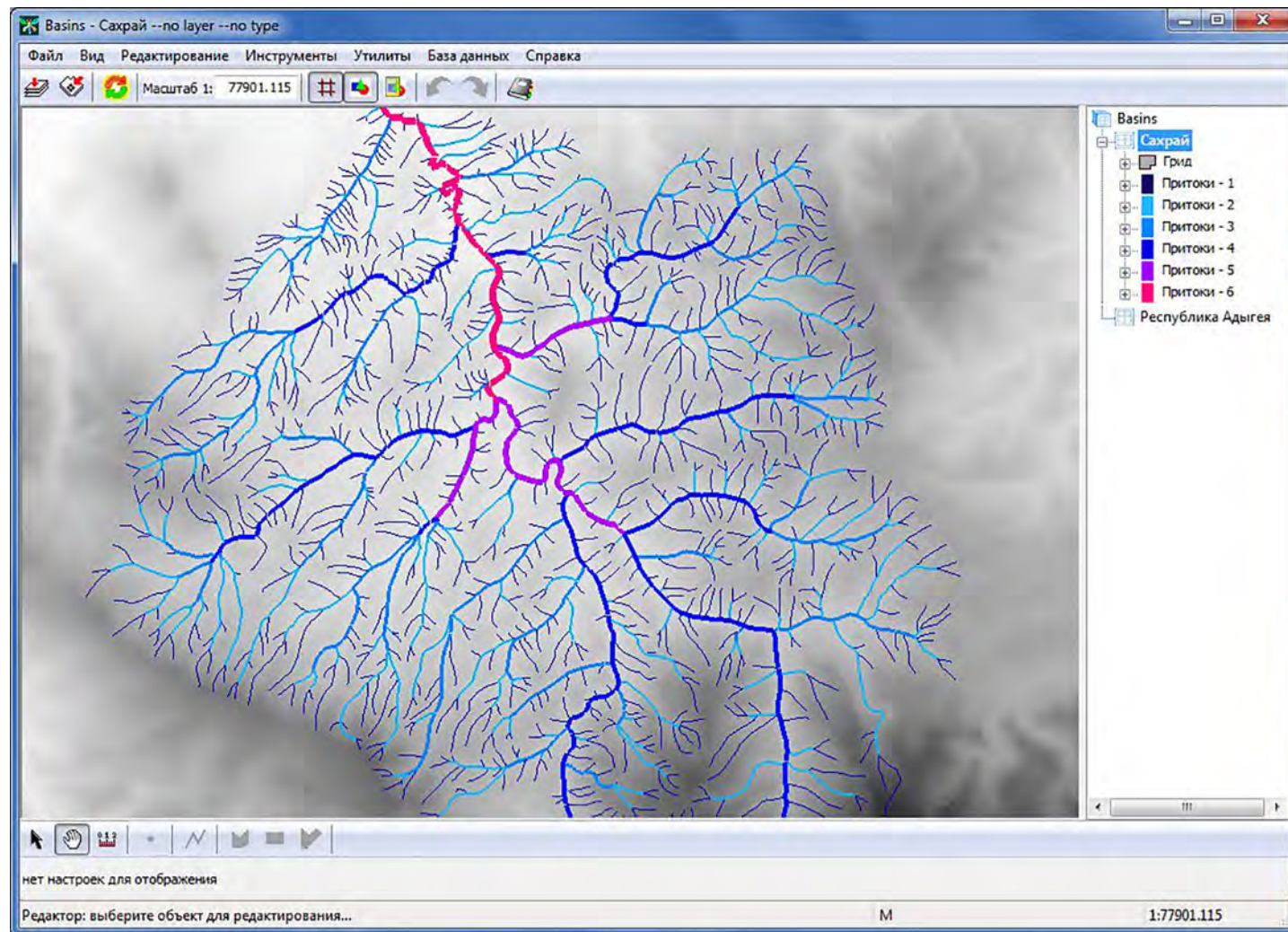
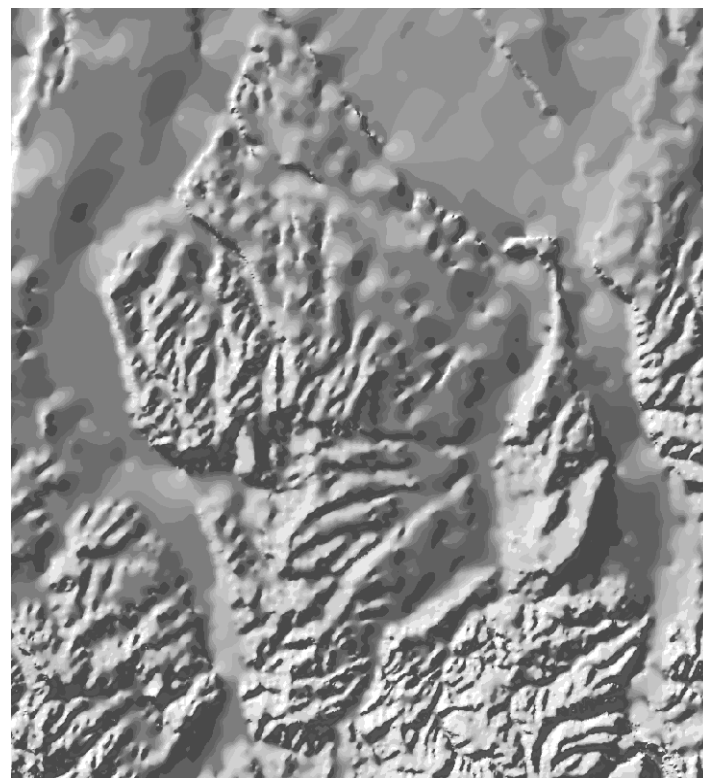


Рис. 2. Автоматизированное ранжирование порядка водотоков в программном модуле «Гидросеть»



Для построения базисных поверхностей территории модулем «Гидросеть» автоматизированно ранжируется порядок водотоков (рис. 2), относительно которых по методу Ф. П. Философова строится серия базисных поверхностей (поверхностей выравнивания) смежного геологического возраста, относительное положение которых характеризует скорость вертикальных тектонических движений за определенный геологический период.

Для выявления блоков современного тектонического строения территории и построения матрицы высот, корректной относительно гидрологической сети, используется авторская гравитационно-динамическая модель рельефа «Gravity» [4]. Модель корректно отображает уступы рельефа и речные долины, что обеспечивает объективное выделение границ тектонических элементов (рис. 3).

С использованием стандартных ГИС-инструментов построения растровых поверхностей строятся растровые карты базисных поверхностей по отметкам высот, расположенных по линии пересечения тальвегов водотоков соответствующего порядка с гравитационно-динамической моделью матрицы высот. Высотное положение базисных поверхностей, построенных относительно тальвегов водотоков первого и второго порядков,

Рис. 3. Визуализация тектонических элементов в программе «Gravity» (свидетельство официальной регистрации № 2007612044)

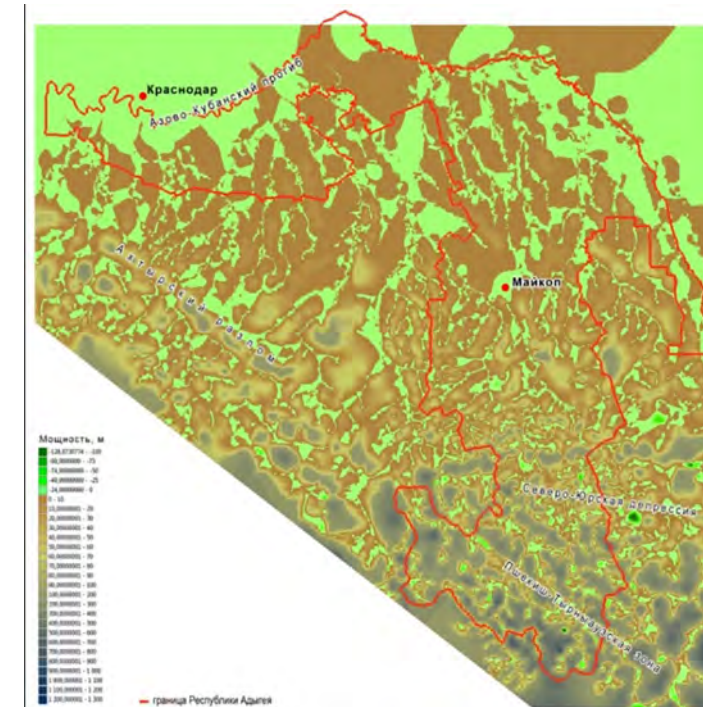


Рис. 4. Базисная поверхность первого порядка. Четвертичный период



Рис. 5. Мощность разностного слоя. Четвертичный период

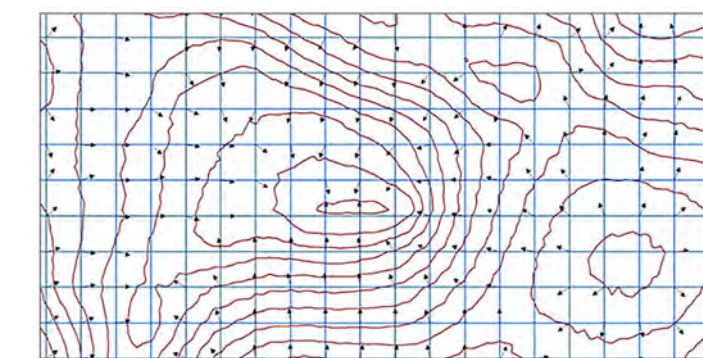


Таблица 1.
Коэффициент корреляции скорости вертикальных тектонических движений между модельными данными за четвертичный период и инструментальными данными за XX век (Пилюнберг, 1997)

Модельные данные	Инструментальные данные	
	Средние значения	Максимальные значения
Средние значения	0,78 $t = 8,12\%*$	
Максимальные значения		0,70 $t = 8,63\%*$

* При $t_{табл} = 2,576$.

характеризует вертикальные тектонические движения четвертичного времени, третьего порядка — вертикальные тектонические движения у границ плиоцен-четвертичного, а четвертого порядка — плиоценового времени.

Указанная зависимость высотного положения базисных поверхностей от возраста вертикальных тектонических движений установлена В. П. Философовым на основании наблюдений в пределах юго-западной части Оренбургской области [15].

С использованием ГИС-инструментов строятся растровые карты мощности разностного слоя между смежными базисными поверхностями путем вычитания значения высоты (в метрах) в каждой точке базисной поверхности старшего (третьего, четвертого и т. д.) порядка из значения высоты в каждой точке базисной поверхности младшего (второго, третьего и т. д.) порядка (рис. 4, 5). Мощность разностного слоя между базисными поверхностями указывает на смещение местности по высоте за промежуток времени, прошедший между образованием долин смежных порядков. При этом положительные разности высот между базисными поверхностями соответствуют восходящим тектоническим движениям, а отрицательные — нисходящим.

Верификация полученной в модели скорости вертикальных движений относительно выявленной инструментальными наблюдениями [11] показала высокую степень корреляции между ними (табл. 1). Векторное пространственно-временное поле наибольшего градиента мощности разностного слоя структурно подобно полю тектонических напряжений территории на основании того очевидного условия, что границам тектонических блоков, которые испытывают наибольшие тектонические напряжения, принадлежат наибольшие отметки высот. На этом основании наибольший градиент мощности разностного слоя принят за параметр, отображающий реальное поле тектонических напряжений.

Существенным является то, что принятый параметр характеризует направление и скорость каждого элементарного движущегося, сложно и многообразно организованного объема геологической среды в соответствии с его конкретными реологическими свойствами и конкретными условиями стесненной деформации (рис. 6).

Результирующий наибольший градиент мощности разностного слоя, рассчитанный относительно геометрического центра каждого тектонического блока, визуализирует фоновое поле тектонических напряжений, отвечающее за направление и относительную скорость движения блока (рис. 7).

Рис. 6. Генеральное поле тектонических напряжений. Наибольшие градиенты мощности разностного слоя нормализованы

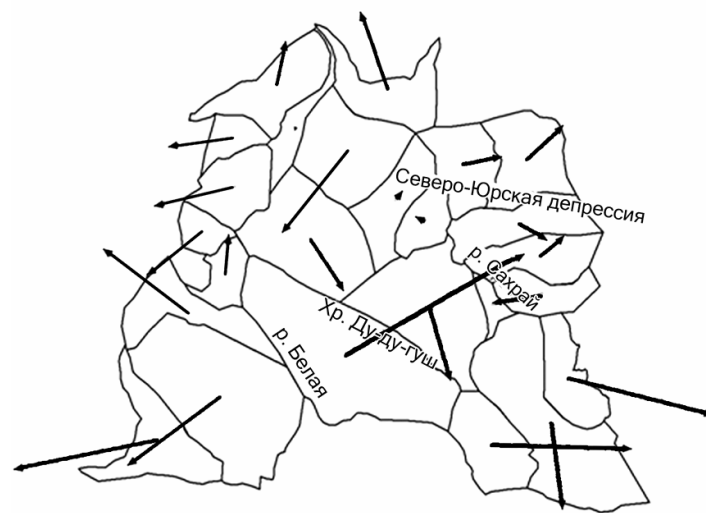


Рис. 7. Фоновое поле тектонических напряжений

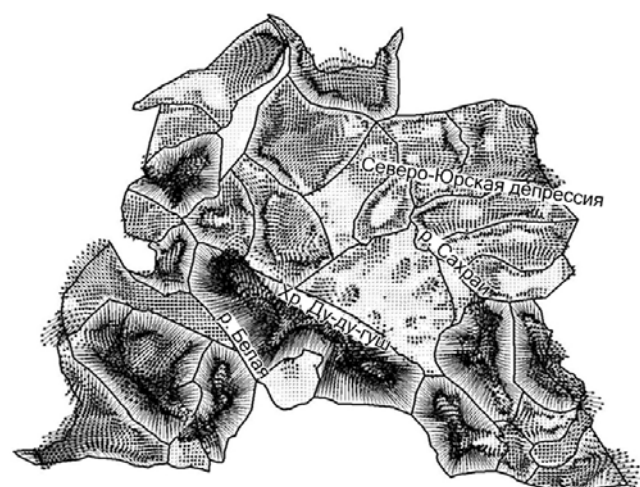


Рис. 8. Локальное поле тектонических напряжений

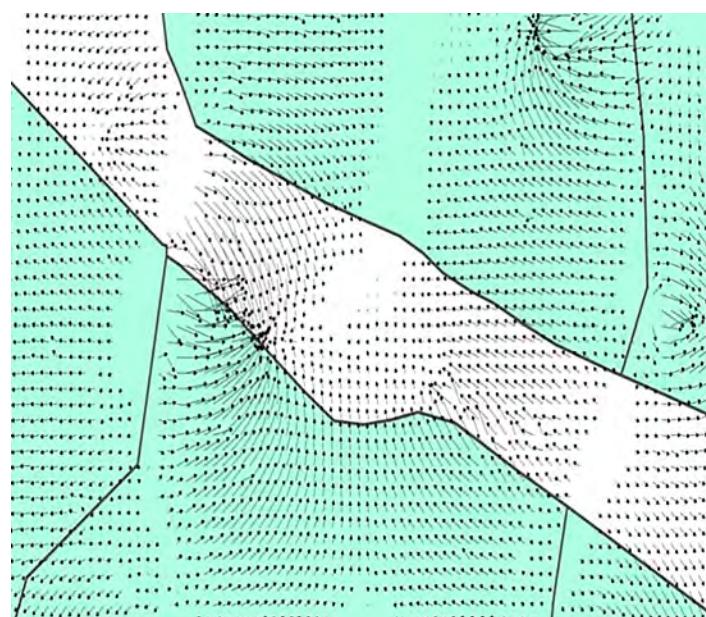


Рис. 9. Тектоническое напряжение сжатия

В каждом тектоническом блоке рассчитывается локальное поле тектонических напряжений (рис. 8), которое и определяет возникновение участков критических значений геодинамической, гравитационной, электромагнитной неустойчивости, теллурических, тепловых и дегазационных аномалий.

Тип тектонического напряжения сжатия между блоками (рис. 9) фиксируется по факту конвергенции наибольшего градиента мощности разностного слоя, напряжение растяжения (рис. 10) — по факту его дивергенции.

Наибольший градиент мощности разностного слоя обеспечивает природоподобное моделирование процессов перемещения тектонических блоков, закономерности пространственно-временной динамики тектонических движений, выявления участков концентрации и типа тектонических напряжений (рис. 11).

Вычисление перепада скоростей вертикальных и горизонтальных движений между тектоническими элементами позволяет выявлять и параметрически оценивать участки критических значений геодинамической неустойчивости по линии трубопроводов.

Предлагаемая автоматизированная система удешевляет предпроектные исследования, обеспечивает определение оптимальной маршрутизации трубопроводов и повышает срок их безаварийной эксплуатации, обеспечивает оптимизацию системы мониторинга на эксплуатируемых трубопроводах и своевременное предупреждение аварийных ситуаций.

Учитывая дестабилизирующие факторы, которые обуславливают развитие коррозии трубопроводов и емкостей для их хранения, в проекте предлагается для газовых трубопроводов выполнить изготовление и испытания изделий нового поколения на базе материалов композитных бетонов с наноструктурами — бетон легкий наномодифицированный (БЛН) ТУ 5789-036-91957749-2018 [14]. Основные физико-механические показатели БЛН в возрасте 28 суток приведены в таблице 2.

Еще одним важным качеством БЛН является способность выдерживать более высокие (по сравнению с бетонами обычных марок) температурные нагрузки (до 700°C), а также низкие температуры (до -165°C), что характерно для арктических, антарк-

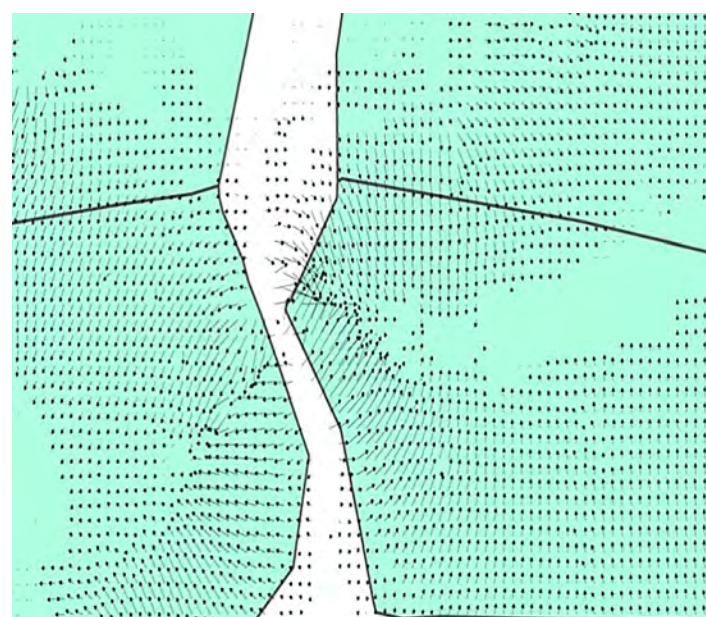


Рис. 10. Тектоническое напряжение растяжения

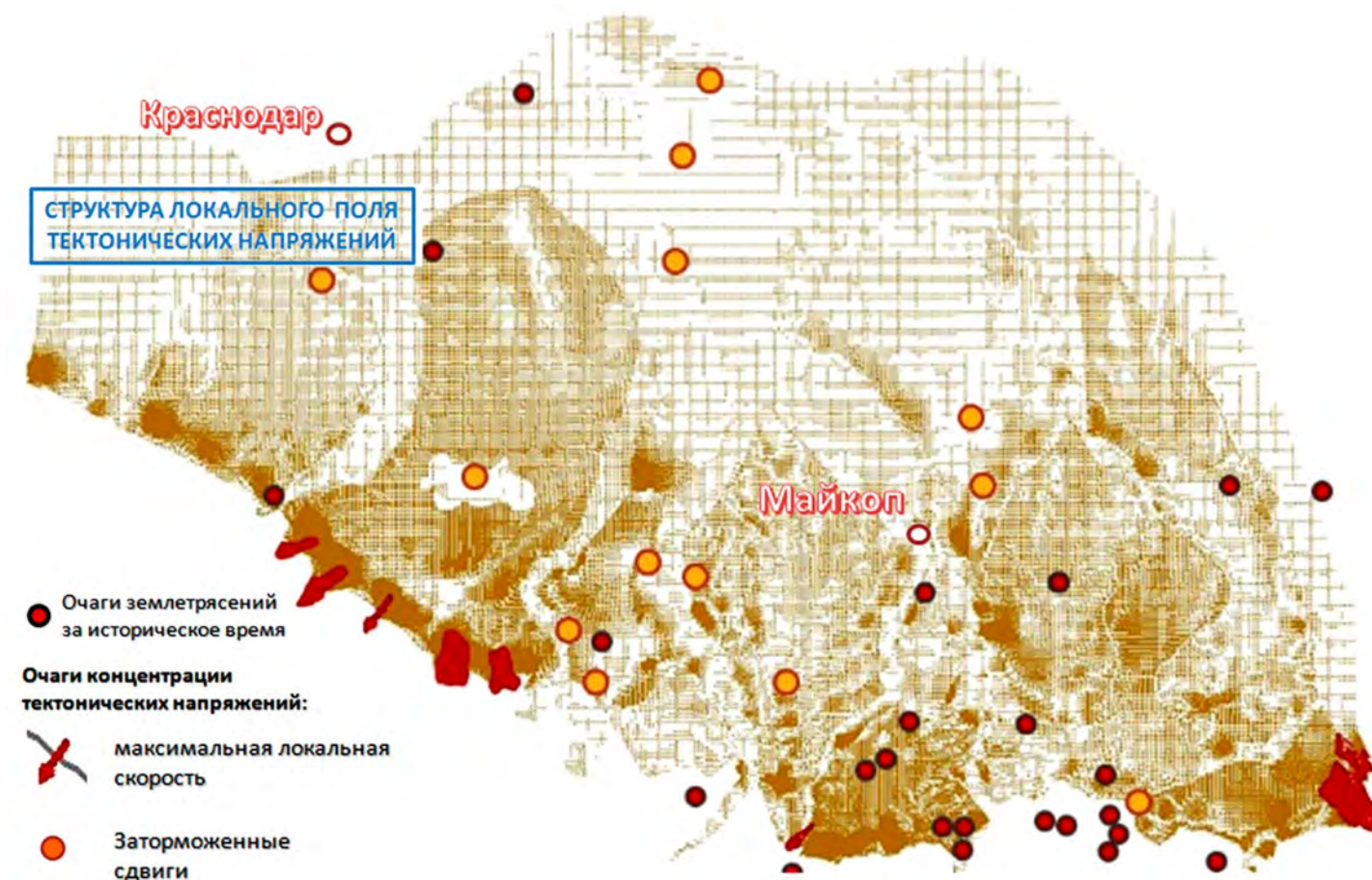


Рис. 11. Модуль локализации очагов концентрации тектонических напряжений. Геодинамическая подоснова мониторинга геофизических полей

тических проектов, а также для строительства хранилищ СПГ. БЛН также обладает свойством полной метанонепроницаемости.

Мониторинг флуктуаций параметров геофизических полей и отметок высот в пределах актуальных локализованных участков критических значений геодинамической неустойчивости позволяет выйти на высокий уровень оправданности прогноза землетрясений.

В рамках работ по подготовке реализации постановления Правительственной комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности на территории России коллективом организаций (руководитель проекта — Малютин Н. В.; Институт физики Земли РАН, СпбФ ИЗМИРАН, ОКБ ОТ РАН, Адыгейский го-

сударственный университет, Конструкторское бюро информатики, гидроакустики и связи) был разработан проект «Долгосрочный, среднесрочный, краткосрочный прогноз землетрясений и цунами».

Решение задачи прогноза чрезвычайных событий рассматривается с позиций комплексного подхода в формате долгосрочном (5–10 лет), среднесрочном (0,5–6 лет) и краткосрочном (3–10 суток). Первые два формата решаются на базе накопленных данных с применением суперЭВМ. Краткосрочный прогноз реализуется на аппаратных средствах при постоянном мониторинге различных физических характеристик.

Предложенные в проекте инновационные решения получили одобрение МЧС России.

Таблица 2. Основные физико-механические показатели БЛН

№ п/п	Наименование показателя	Норма	Метод испытаний
1	Плотность, кг/м³	1300÷1600	ГОСТ 27005
2	Предел прочности при сжатии, МПа	35–70	ГОСТ 10180
3	Предел прочности при изгибе, МПа	6÷12	ГОСТ 10180
4	Класс горючести	НГ	ГОСТ 30244
5	Водонепроницаемость	W16–W20	ГОСТ 12730.5
6	Водопоглощение, % по массе	0,7÷0,3	ГОСТ 12730.3
7	Класс по морозостойкости	F300÷F400	ГОСТ 10060
8	Класс бетонной смеси по удобоукладываемости	П4–P6	ГОСТ 10181-2000

Литература

1. Баулин В. В. Влияние тектоники на мерзлотные процессы // Изв. АН СССР. Сер. геогр. — 1970. — № 6.
2. Булаева Н. М., Аскеров С. Я., Ахмедова Г. М., Раджабова М. Б. О связи термоаномалий с разломной тектоникой по Восточному Предкавказью // Юг России: экология, развитие. — 2009. — № 3. — С. 74–79.
3. Варианина Т. П., Плисенко О. А., Солодухин А. А., Коробков В. Н. Структурно подобная геодинамическая модель Краснодарского края и Республики Адыгея. — Москва-Майкоп: изд. дом «Камертон». — 2011. — 124 с. ФЦП «Научные и педагогические кадры инновационной России». П537. 06.09.2009; П820, 17.08.2009.
4. Варианина Т. П., Плисенко О. А. Интегрированная ГИС региона (на примере Республики Адыгея). — Москва-Майкоп: изд. дом «Камертон». — 2011. — 124 с. ФЦП «Научные и педагогические кадры инновационной России». П537. 06.09.2009; П820, 17.08.2009.
5. Варианина Т. П. Пространственно-временная визуализация и перспективы прогнозирования геофизических полей // Труды 27-й международной конференции по компьютерной графике и машинному зрению. — ПГНИУ, г. Пермь. — 2017. — с. 298–302.
6. Демченко В. Г., Демченко Г. В. Магистральные трубопроводы. Надежность, условия работы и разрушения. — М.: Недра, 2007. — 304 с.
7. Копытенко Ю. А., Латышева О. В., Петрова А. А. Влияние разломных зон земной коры на эволюцию толщины и кромки ледяного покрова Арктики // Труды конференции «Проблемы военно-прикладной геофизики и контроля состояния природной среды». — ВКА им. А. Ф. Можайского. — СПб, 2020. — Вып. 674. — С. 207–212.
8. Копытенко Ю. А., Петрова А. А. Результаты разработки и применения компонентной модели магнитного поля Земли в интересах магнитной картографии и геофизики // Фундаментальная и прикладная геофизика. — 2016. — Т. 9. — № 2. — С. 88–106.
9. Кутин Ю. Г., Чистова З. Б., Беляев В. В., Бурлаков П. С. Влияние тектонических нарушений (дегазация, наведенные токи, вариации геомагнитного поля) севера Русской плиты на окружающую среду (на примере Архангельской области) // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о земле. — 2009. — № 2. — Выпуск № 14. — С. 77–88.
10. Ласточкин А. Н. Связь геотермического режима с неотектоническими движениями и морфоструктурами нефтегазоносных областей // Геоморфология. — 1973. — № 3. — С. 10–19.
11. Лилиенберг Д. А. Картографо-геодинамические модели современных движений морфоструктур Кавказа и Закавказья для разных эпох // Геоморфология. — 1997. — № 4. — С. 63–75.
12. Петрова А. А., Копытенко Ю. А. Флюидные системы Мамско-Бодайбинской минерагенической зоны Северного Забайкалья // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. — 2019. — Вып. 41. — № 1. — С. 37–53. DOI 10.31431/1816-5524-2019-1-41-37-53.
13. Петрова А. А., Латышева О. В., Копытенко Ю. А. Опасные природные явления эндогенного характера в Арктической зоне Российской Федерации // Материалы Всероссийской конференции «Глобальные проблемы Арктики и Антарктики». — ФИЦКИА РАН. — Архангельск. 2020. — С. 815–819.
14. Сагарадзе В. В. Коррозионное растрескивание аустенитных и ферритоперлитных сталей. — Изд. Уральского отд. РАН. — Екатеринбург, 2004. — 226 с.
15. Философов В. П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. — Саратов: СГУ. — 1975. — 232 с.
16. Философов В. П. Краткое руководство по морфометрическому методу поиска тектонических структур. — Саратов: изд-во Саратовского ун-та. — 1960. — 93 с.
17. Копытенко Ю. А., Ismaguilov V. S., Hattori K., Hayakawa M. Determination of hearth position of forthcoming strong EQ using gradients and phase velocities of ULF geomagnetic disturbances. Phys. Chem. Earth. — 2006. — V.31. — P. 292–298.
18. Tatyana P. Varshanina and Viktor N. Korobkov. Spatial-Temporal Geodynamic Model of Adygea. The Republic of Adygea Environment. — Springer Nature Switzerland AG 2020. — HdbEnvChem, DOI 0.1007/698_2020_500.

UDC 528.4

FEATURES OF THE NEW TECHNIQUE OF GEODYNAMIC INSTABILITY FOCI DETECTION TAKING INTO ACCOUNT DESTABILIZING NATURAL FACTORS WHEN DESIGNING PIPELINE SYSTEMS FOR GAS, OIL AND OIL PRODUCTS TRANSPORTATION

T.P. Varshanina¹, R.D. Khunagov¹, Y.A. Kopytenko², N.V. Malyutin³, A.A. Petrova²

FSBOU VO «Adyge State University»¹,
Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Distribution of Radio Waves, RAS²,
LLC Design Bureau of Informatics, Hydroacoustics and Communication (LLC KB IGAS)³

About the authors

Tatyana Varshanina, associate professor, candidate of biology, head, center for intellectual geographic information technologies, research institute of complex problems, Adyge State University, director of MIP LLC Geo-Vortex

Rashid Khunagov, doctor of Sociology, professor, director, research institute of complex problems, Adyge State University

Yuri Kopytenko, doctor of physics and mathematics, professor, chief researcher, head of the Department of Geomagnetic Research, SPbF – N.V. Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Distribution of Radio Waves, RAS

Nikolay Malyutin, academician of the Russian Academy of Natural Sciences, doctor of technical science, professor, director for innovation and development, LLC Design Bureau of Informatics, Hydroacoustics and Communication

Alevtina Petrova, candidate of physical and mathematical sciences, leading researcher at the SPbF – Pushkov Institute of terrestrial magnetism, ionosphere, and radio wave propagation, Russian Academy of Sciences

References

1. Baulin V.V. The influence of tectonics on permafrost processes. - Izv. The USSR Academy SCI.Series Geogr., No. 6, 1970.
2. Bulaeva N.M., Askerov S.Ya., Akhmedova G.M., Radzhabova M.B. On the connection of thermoanomalies with faulty tectonics in the Eastern Caucasus. SouthofRussia: Ecology, Development. No. 3, 2009. P. 74-79.
3. Varshanina T.P., Plisenko O.A., Solodukhin A.A., Korobkov V.N. Structurally similar geodynamic model of the Krasnodar Territory and the Republic of Adyghea. - Moscow-Maykop: Kamerton Publishing House. 2011. 124 p. FTsP “Scientific and pedagogical personnel of innovative Russia.” P537. 06.09.2009; P820, 17.08.2009.
4. Varshanina T.P., Plisenko O.A. Integrated GIS of the region (based on the example of the Republic of Adyghea) - Moscow-Maykop: Kamerton Publishing House. 2011. 124 p. FTsP “Scientific and pedagogical personnel of innovative Russia”.P537. 06.09.2009; P820, 17.08.2009.
5. Varshanina T.P. Space-time visualization and prospects of forecasting of geophysical fields. Proc. 27th Intern. Conf. on Computer Graphics and Machine Vision, PGNIU, Perm, 2017, p. 298-302.
6. Demchenko V.G., Demchenko G.V. Main pipelines. Reliability, working conditions and destruction. - M.: Nedra, 2007. - 304 p.
7. Kopytenko Yu.A., Latsysheva O.V., Petrova A.A. Influence of fault zones of the earth’s crust on the evolution of the thickness and edge of the ice cover in the Arctic // Proceedings of the conference “Problems of military-applied geophysics and control of the state of the natural environment.” VKA named after A.F. Mozhaisky. SPb. 2020. Issue. 674, pp. 207–212.
8. Kopytenko Yu.A., Petrova A.A. Results of the development and application of the component model of the Earth’s magnetic field in the interests of magnetic cartography and geophysics // Fundamental and Applied Geophysics. 2016.Vol. 9.No.2. S. 88-106.
9. Kutinov Yu.G., Chistova Z.B., Belyaev V.V., Burlakov P.S. Influence of tectonic disturbances (degassing, induced currents, variations of the geomagnetic field) of the north of the Russian plate on the environment (based on the example of the Arkhangelsk region). Vestnik KRAUNZ. Earth science. 2009, No. 2. Issue No. 14. P. 77-88.
10. Lastochkin A.N. Connection of the geothermal regime with neotectonic movements and morphostructures of oil and gas regions. Geomorphology. 1973. No. 3.P. 10-19.
11. Lilienberg D.A. Cartographic-geodynamic models of modern movements of morphostructures of the Caucasus and Transcaucasia for different eras/D.A. Lilienberg//Geomorphology. 1997. No.4. P. 63-75.
12. Petrova A.A., Latsysheva O.V., Kopytenko Yu.A. Dangerous natural phenomena of an endogenous nature in the Arctic zone of the Russian Federation // Materials of the All-Russian conference “Global problems of the Arctic and Antarctic”. FITZKIA RAS. Arkhangelsk. 2020.S. 815-819.
13. Petrova A.A., Kopytenko Yu.A. Fluid systems of the Mamsko-Bodaibinskaya mineragenic zone of Northern Transbaikalia // Bulletin of KRAUNZS. Series: Earth Sciences. 2019. Issue. 41. No. 1. S. 37–53. doi: 10.31431 / 1816-5524-2019-1-41-37-53.
14. Sagardze V.V. Corrosion cracking of austenitic and ferritoperlite steels. Prod. Ural Department. RAS, Yekaterinburg, 2004. - 226 p.
15. Filosofov V.P. Fundamentals of the morphometric method of searching for tectonic structures. - Saratov: SSU, 1975. 232 p.
16. Filosofov V.P. A brief guide to the morphometric method of searching for tectonic structures. - Saratov: Publishing House of Saratov University, 1960. - 93 p.
17. Kopytenko Yu.A., Ismaguilov V.S., Hattori K., Hayakawa M. Determination of hearth position of forthcoming strong EQ using gradients and phase velocities of ULF geomagnetic disturbances. Phys. Chem. Earth. 2006. V.31. P. 292–298.
18. Varshanina T.P., Korobkov V.N. Spatial-Temporal Geodynamic Model of Adygea. The Republic of Adygea Environment. Springer Nature Switzerland AG 2020. HdbEnvChem, DOI 0.1007/698_2020_5.

¹ FSBOU VO «Adyge State University»
208 Pervomayskaya street, Republic of Adygea, Maykop, 385000

² Pushkov Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Distribution of Radio Waves, RAS

³ 5 Universitetskaya nab., lit. B, Saint Petersburg, 199034

³ LLC Design Bureau of Informatics, Hydroacoustics and Communication (LLC KB IGAS)
17 Dukhovskoy per., room 1, office 47, Moscow, 115191

We present a natural-like technology of automated information-mathematical visualization and monitoring of geodynamic instability foci with associated geophysical and hydrological anomalies. This technology is used to determine optimal routing and application of appropriate design solutions increasing the life of accident-free pipeline transport.

Keywords: local field of tectonic stresses, geodynamic instability, optimization of pipelines routing.