



Р. В. Загретдинов, А. А. Загретдинов Казанский федеральный университет, г. Казань; Р. В. Сахаутдинов, Д. М. Гилаев ПАО «Татнефть», г. Альметьевск; Ю. О. Кузьмин ИФЗ РАН, г. Москва; М. Х. Рахматуллин ИПИ АН РТ, г. Казань



Введение, история

Интенсивная добыча нефти во второй половине 20 века на Юго-востоке Татарстана привела к возникновению местной сейсмичности, активным вертикальным деформационным процессам земной поверхности. В связи с этим в 80-е годы прошлого столетия была начата реализация долгосрочной программы природоохранных мероприятий, направленных на рациональное освоение и использование углеводородных ресурсов недр, и обеспечение экологической и промышленной безопасности региона. АО «Татнефть» была одной из первых Российских нефтяных компаний, поставившей задачу исследования закономерностей и развития современных геодинамических процессов на территории супергигантского Ромашкинского нефтяного месторождения, в том числе в связи с процессами его разработки.

На первых этапах выполнялись лишь сейсмологические наблюдения.

- 1952 – Активное освоение Ромашкинского месторождения нефти. Всего за время разработки месторождений в Татарстане добыто более 3 млрд тонн углеводородного сырья.
- 1975 – Пик добычи 103.7 млн тонн нефти
- 1991 – Начало комплекса повторных нивелирных измерений
- 1996 – Организация на постоянной основе комплексного геодинамического полигона
- 2009 – Разворачивание современной сети сейсмо наблюдений (на сегодня 14 станций)
- 2010 – Разворачивание первой очереди сети из 5 станций непрерывных спутниковых измерений на Ашальчинском месторождении СВН (на сегодня 25 станций)
- 2012 – Монография «Современная геодинамика и сейсмичность Юго-Востока Татарстана» (Хисамов Р.С. и др.)
- 2019 – Реализация геодезической сети специального назначения (ГССН, 45 станций)

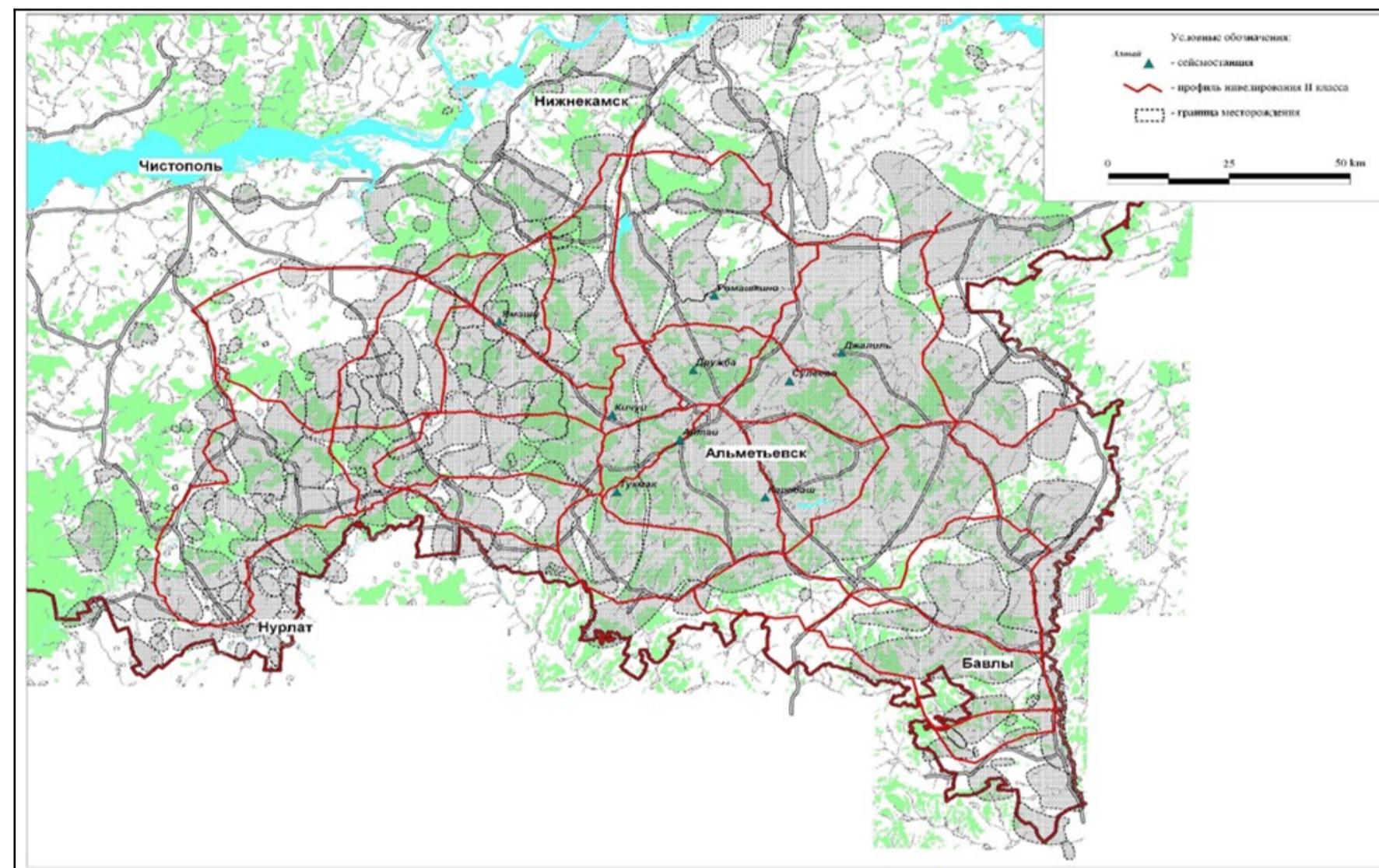
С 1991 года начались исследования методом повторного высокоточного нивелирования современных деформационных процессов в пределах северо-западной части Ромашкинского и Ново-Елховского месторождений нефти (в то время район повышенной сейсмической активности). По результатам 20-летних повторных нивелирных измерений выявлены проявления аномалий у типа (локальных оседаний), характеризующие зоны современной геодинамической активности.

В текущем столетии в дополнение к протяженной сети высокоточных нивелирных ходов на Юго-востоке Татарстана появилась и развитая сеть дифференциальных геодезических станций (СДГС).

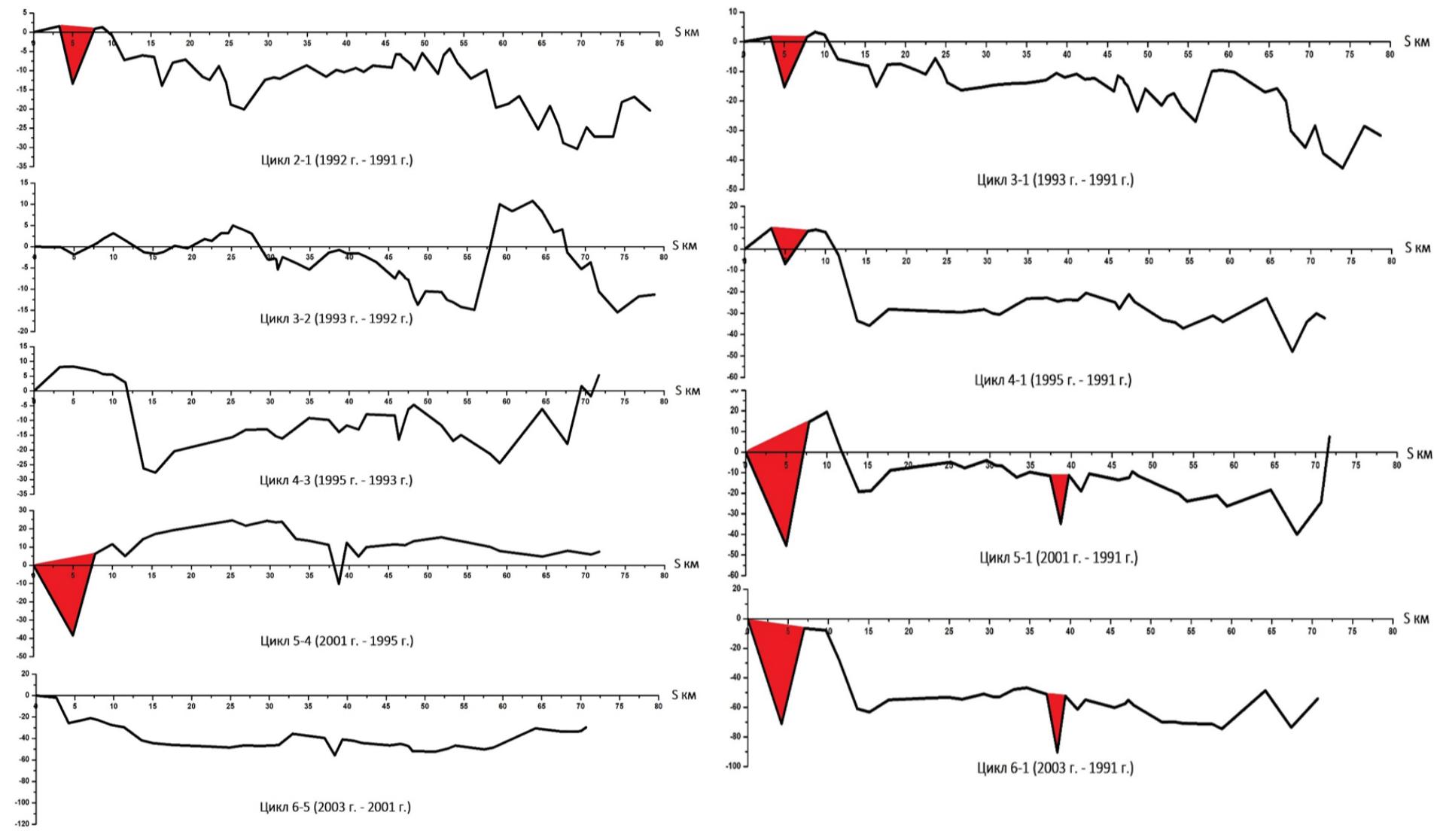
Для обработки непрерывно получаемых данных с ГСС в автоматизированном режиме разработан программно-аппаратный комплекс, который активно используется при выполнении геодезических и кадастровых работ, при поиске, разведке, разработке и обустройстве нефтяных месторождений, мониторинге региональной геодинамической обстановки.

Нивелирная сеть геодинамического мониторинга

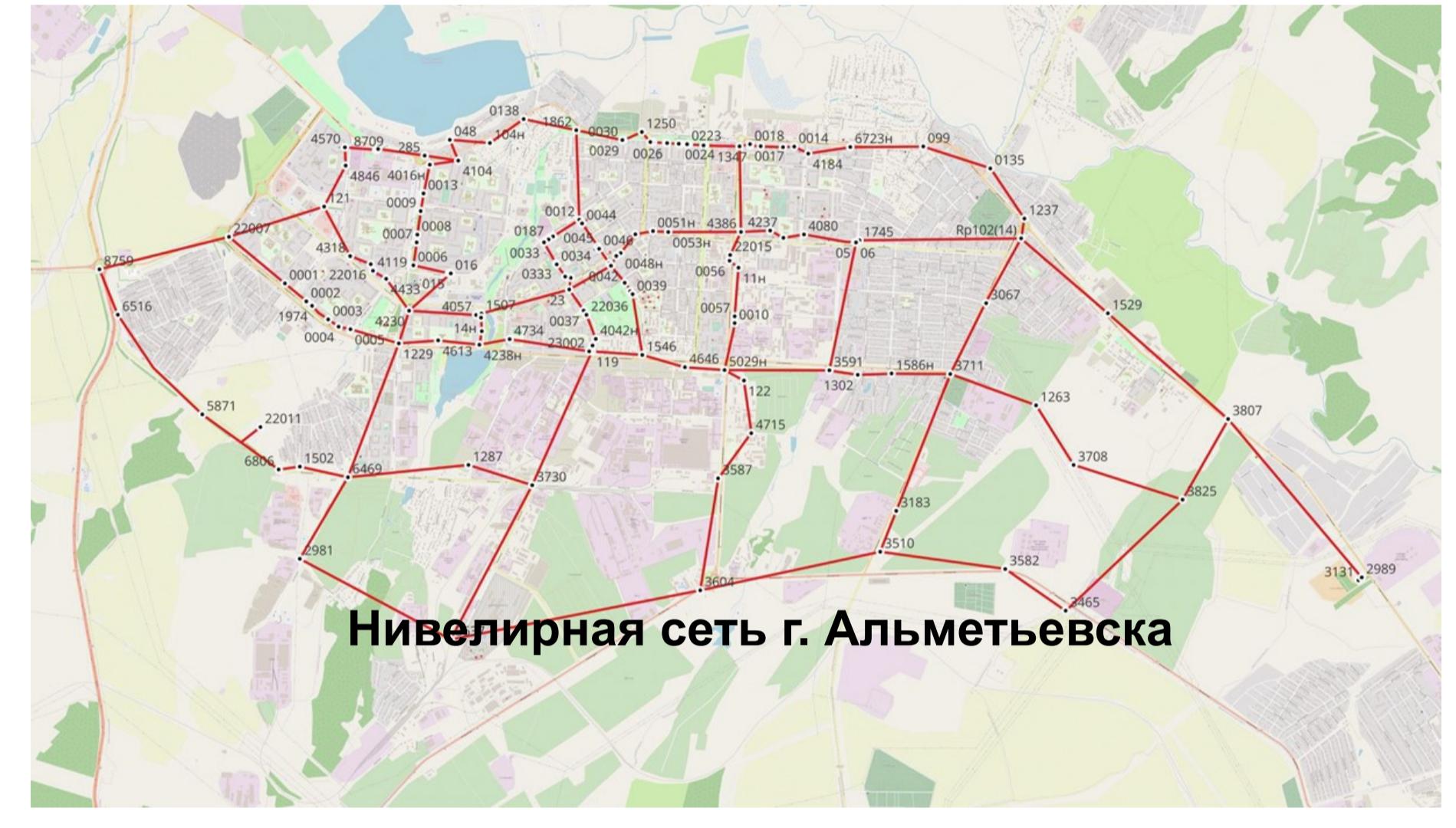
По лицензионным участкам ПАО «Татнефть» нивелирные профили проходят по площадям 34-х месторождений. На местности нивелирная сеть закреплена 1279 геодезическими знаками, в т.ч. 14 фундаментальными реперами, 68 пунктами полигонометрии глубокого заложения, 18 пунктами триангуляции, 1038 грунтовыми и 141 стальными реперами. Общая длина профилей нивелирной сети по полигону составляет 2125 км.



Пример зонального профиля (80 км. 55 нивелирных знаков). Выполнено 6 циклов с 1991 по 2003 г. На профиле присутствуют две ярко выраженные аномалии современных вертикальных смещений земной поверхности типа γ, обусловленных активизацией разломов раздвигового типа. Накапленная амплитуда первой аномалии составляет – 69 мм, а второй – 40 мм.

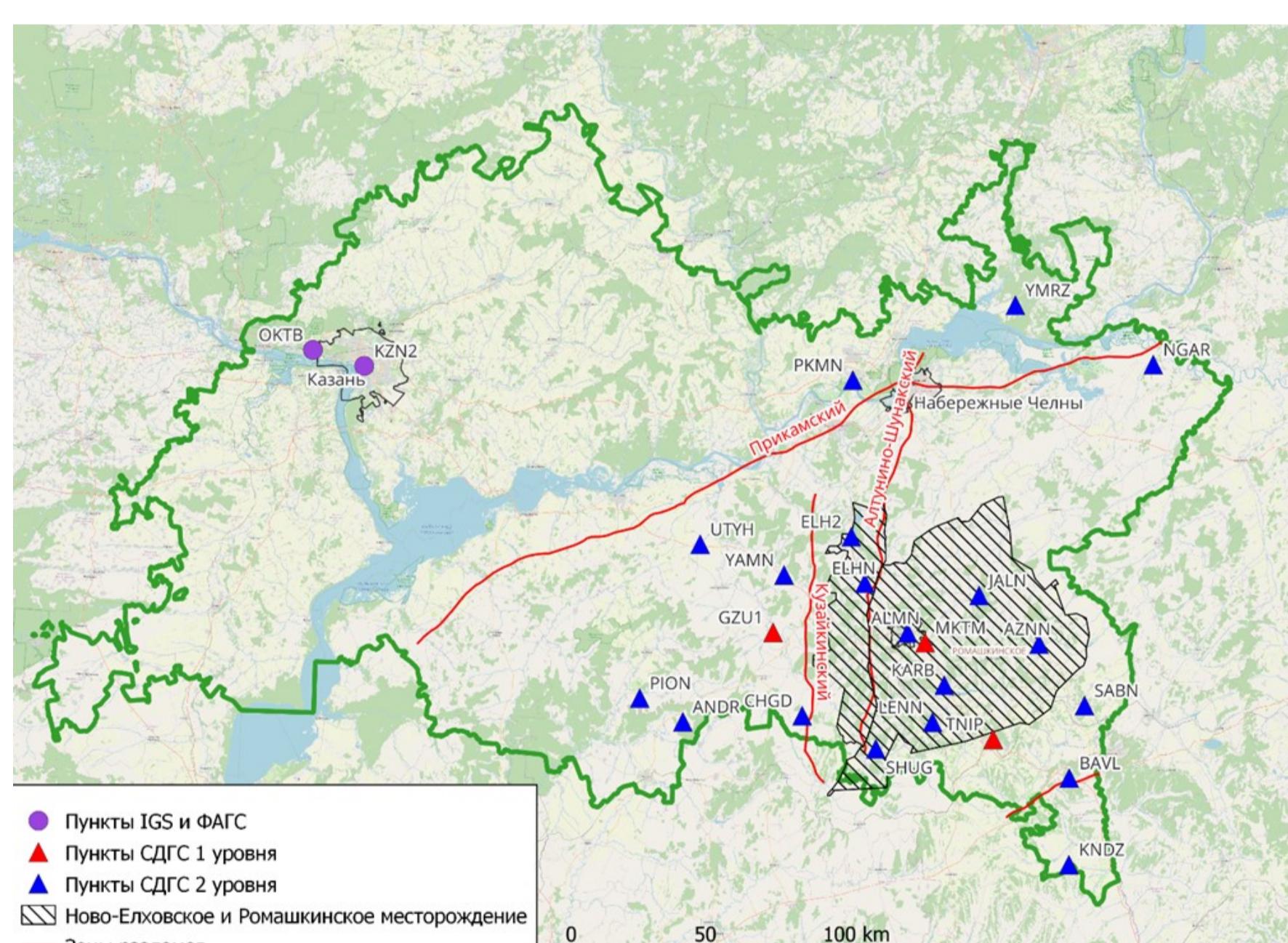


Нивелирная сеть г. Альметьевска. 80,6 км. нивелирных ходов, 122 репера; нивелирная сеть г. Азнакаево 35,8 км. и 58 реперов. Нивелирные профили проложены с шагом до 500 метров. Такой регламент наблюдений за состоянием нивелирной сети полигона позволил оценивать геодинамическую обстановку как по всему Востоку Татарстана так и в наиболее крупных городах.

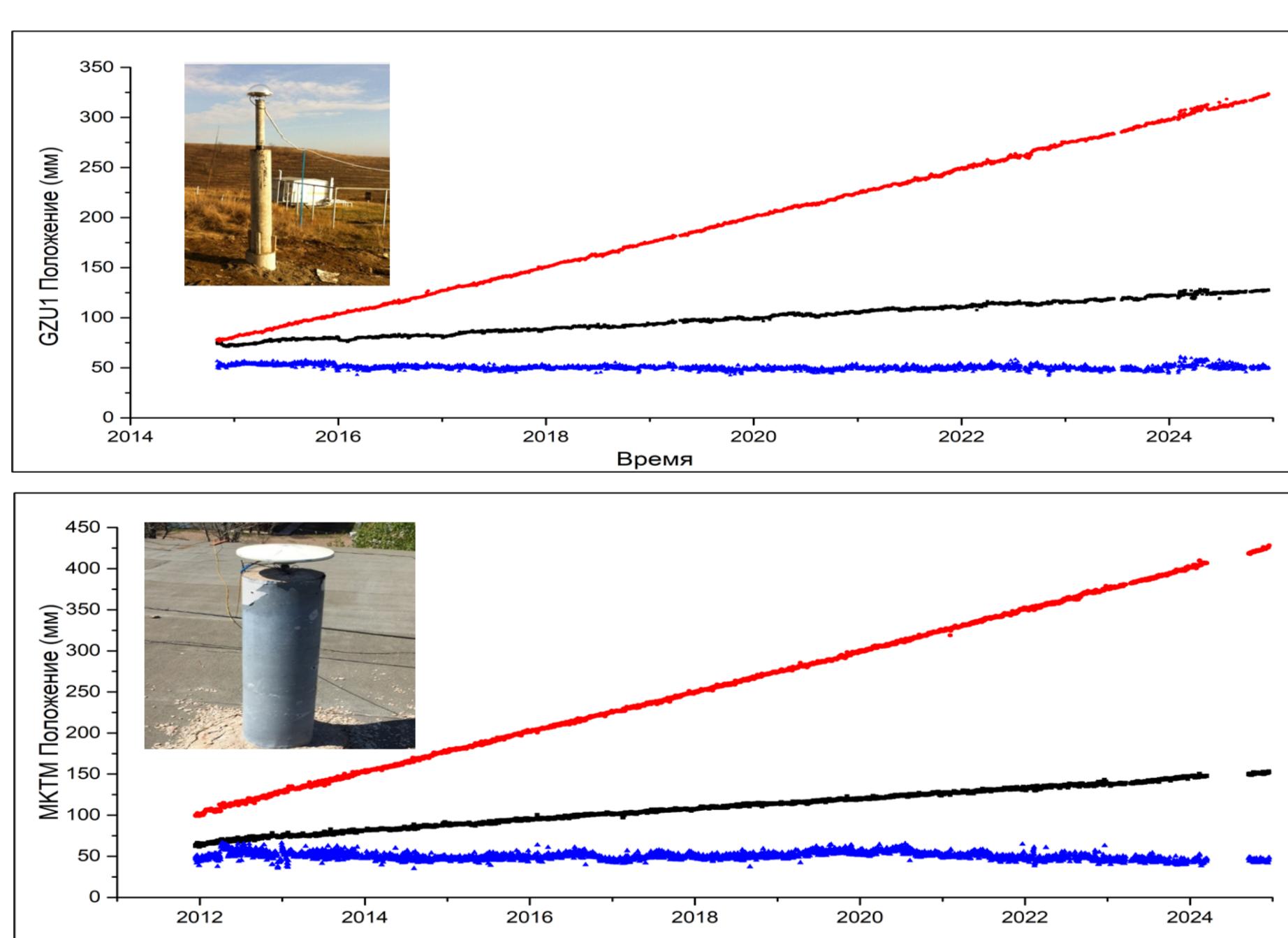


Спутниковая сеть геодинамического мониторинга

По состоянию на 2024 год в составе ГССН ПАО «Татнефть» функционируют 17 постоянно действующих базовых ГНСС станций первого и второго уровня и 4 пункта периодического действия. Основной задачей является определение планово-высотных деформаций земной поверхности и непрерывный мониторинг геодинамической обстановки в районах активной добычи нефти на востоке Татарстана.



Пункты первого уровня служат основой для реализации высокоточной системы координат на всю зону деятельности ПАО «Татнефть» путем постоянного контроля стабильности стационарных и временных пунктов ГССН ПАО «Татнефть». Пункты второго уровня входят в каркасную сеть мониторинга геодинамического полигона и обеспечивают зону деятельности ПАО «Татнефть» поправками реального времени текущие маркшейдерско-геодезические работы.



Результаты линейной аппроксимации временных рядов, полученных нами для пунктов GZU1 и MKTM и значения скоростей и азимутов для этих пунктов, вычисленных по моделям APKIM2000 и NUVEL-1. Разница в 2.2 гр. в азимутах станций MKTM и GZU1 расположенных всего в 67 километрах друг от друга может свидетельствовать о наличии региональных аномалий плановых смещений станций природу которых еще предстоит уточнить.

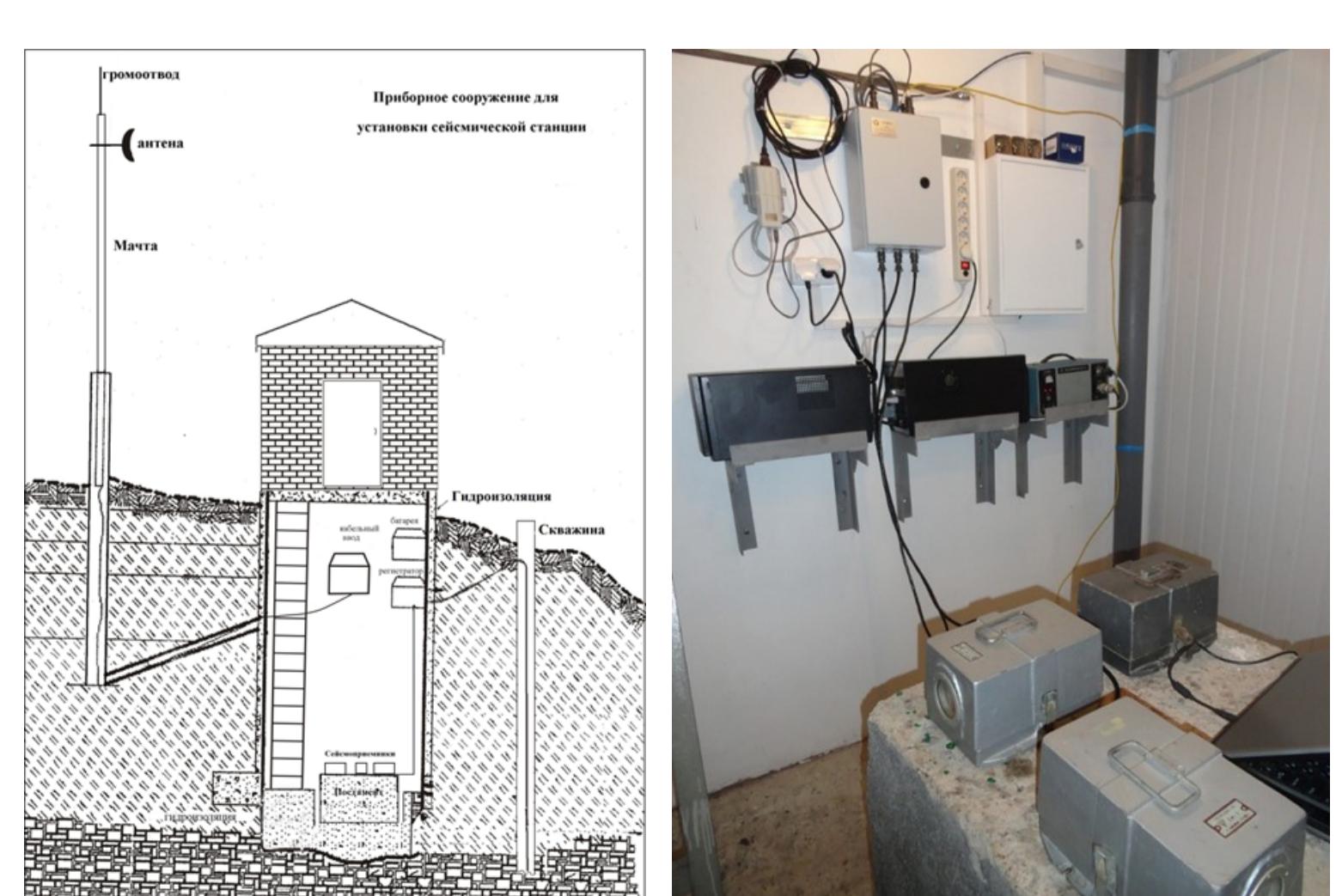
Пункт	МКТМ			GZU1			
	Модель	APKIM2000	NUVEL-1	Вычисленная	Модель	NUVEL-1	Вычисленная
Н скор., мм/год		7.7	4.4	6.5±0.006	7.9	4.7	5.4±0.007
Е скор., мм/год		24.8	25.2	24.7±0.006	24.7	25.2	24.4±0.008
И скор., мм/год				-0.3±0.018			-0.2±0.013
Скорость, мм/год		26.0	25.6	25.6±0.008	26.0	25.6	25.0±0.011
Азимут, град.		72.7	80.0	75.3±0.025	72.2	79.5	77.5±0.025

Сеть сейсмического мониторинга ПАО ТАТНЕФТЬ

В нефтедобывающих районах Татарстана с 1996 функционируют стационарная цифровая высокочувствительная локальная сеть трёхкомпонентных сейсмических станций. В 5 пунктах дополнительно установлены скважинные сейсмопримоники: три на глубине 300 м, два на глубине 40 м., что повышает чувствительность сети к слабым землетрясениям. Пункты наблюдения установлены в специально построенных приборных сооружениях, обеспечивающих максимально благоприятные условия для регистрации сейсмических сигналов.

Типовой комплект оборудования сейсмической станции в подземной части приборного сооружения. На стене регистратор и блоки питания. На постаменте 3 сейсмоприёмника С-Ю, В-З и Z). Постамент ориентирован по сторонам света.

Карта эпицентров местных землетрясений (2), произошедших в пределах нефтедобывающих районов Республики Татарстан и на прилегающих территориях в 1996–2023 гг. Зарегистрировано 454 местных земле трясения различной интенсивности.



1 – эпицентр ощущимого землетрясения 29.05.2008 г.; 3 – зона разлома; 4 – границы Ромашкинского и Ново-Елховского нефтяных месторождений; 5 – пункты наблюдения, оснащенные наземными трехкомпонентными сейсмоприемниками; 6 – пункты наблюдения, оснащенные наземными трехкомпонентными и скважинными сейсмоприемниками.

Из анализа карт эпицентров землетрясений, построенных для разных диапазонов глубин очагов, можно сделать следующие заключения.

1. Очаги землетрясений по глубине разделяются на три диапазона: 0–4, 4–7 и 7–15 км. Глубже 15–16 км очагов землетрясений не зафиксировано.
2. Эпицентры землетрясений на глубинах 0–4 км сконцентрированы в пределах Ромашкинского и Ново-Елховского месторождений нефти, редко происходят за их пределами и по генезису являются техногенными. Очаги землетрясений в пределах глубин 4–7 км сконцентрированы преимущественно в пределах западной части Ромашкинского и в центральной части Ново-Елховского месторождений. Конфигурация области их проявления сопоставима с ориентацией разломов фундамента и их можно классифицировать как техногенно-индуцированные.

Эпицентры местных землетрясений с очагами глубже 7 км приурочены в основном к зонам тектонических разломов фундамента и их можно отождествить с тектоническими сейсмическими событиями.

3. Впервые в мировой практике в пределах единой системы сейсмологических наблюдений зарегистрированы и идентифицированы все три типа сейсмических событий (техногенные, техногенно-индуцированные, тектонические).

Наличие длительных рядов геодезических и сейсмических данных позволило построить карту геодинамической опасности недр для Юго-Востока Татарстана, в том числе выявить активные (опасные) разломы. Анализ построенной карты указывает на то, что повышенную геодинамическую опасность создают современные аномальные геодинамические (сейсмодеформационные) процессы, как природного, так и техногенного происхождения, которые в наиболее активной (экстремальной) форме реализуются в зонах разломов и областях подготовки ощущимых землетрясений. Карта позволяет учсть риски при проектировании и строительстве промышленных и социальных объектов.

