

Мониторинг современных движений земной коры на территории Дагестана

Н.М. Булаева, Б.И. Магомедов, А.Г. Халилов, Н.М. Магомедмирзоев, Р.Ш. Османов

*Институт проблем геотермии Дагестанского научного центра РАН
367030, Дагестан, Махачкала, пр. Шамиля, 39а
E-mail: bulaeva@iwt.ru*

Дагестан находится в зоне активного орогенеза, где наряду с ростом горных массивов, существуют межгорные котловины и прогибы. Здесь, на относительно небольшой площади, сосредоточены многие типы ландшафтов и разномасштабных геологических структур. Разно направленные вертикальные и горизонтальные движения горных массивов и Прикаспийского прогиба приводят к сложной тектонической структуре, возникновению сети блоков, оживлению старых разломов, подвижке блоков по ним и, возможно, возникновению новых разломов, сопровождающихся увеличением режима сейсмической активности. По-видимому, региональные деформационные процессы ответственны за периодические колебания уровня Каспийского моря, который с 1978 г. испытывает подъем на фоне почти столетнего периода его понижения. Созданы региональная и локальная геодинамические сети для исследования современных движений и деформаций земной коры. Получено, что для территории Дагестана свойственны горизонтальные перемещения в северо-восточном направлении по азимуту 69° со средней скоростью 31 мм за год (в ITRF 2000).

Предпосылки. Дагестан в настоящее время является самой южной территорией Российской Федерации. Здесь, на относительно небольшой площади, сосредоточены многие типы ландшафтов, начиная с ледников и альпийских пастбищ и заканчивая полупустынями и пустынями, недавно освободившимися от моря. Большая часть территории Дагестана расположена на Северо-Восточных отрогах Кавказских гор, но имеется и значительная по размерам Приморская низменность, расположенная ниже уровня Мирового океана. Длина дагестанского побережья Каспийского моря составляет 640 км, и оно охватывает частично северный и средний Каспий.

Разнообразное по характеру поверхностное строение территории дополняется и сложным глубинным её строением. Дагестан находится в зоне активного орогенеза, где наряду с ростом горных массивов, достигающим нескольких сантиметров в год, существуют межгорные котловины и Терско-Каспийский прогиб, скорость опускания которых доходит до сантиметра в год. Исследования последних лет, проведённые методами повторного нивелирования, показали, что подъемы и опускания фрагментов территории не являются монотонными, а перемежаются возвратными движениями. При смене знаков движения выявляется более мелкая градация территории на блоки, которые либо отстают, либо опережают общее движение фрагментов территории.

Противоположно направленные вертикальные и горизонтальные движения горных массивов и прикаспийского прогиба приводят к сложной тектонической структуре на границе смены знаков движений (район Прикаспийской низменности и шельфовая часть моря, предгорный Дагестан), возникновению сети миндалевидных блоков, оживлению старых разломов, подвижке блоков по этим разломам и, возможно, возникновению новых разломов, сопровождающихся увеличением интенсивности потока сейсмических событий.

Именно геодинамические движения сегодня считают основной причиной, вызвавшей смену знака в динамике уровня Каспийского моря. Уровень моря с 1978 года начал возрастать на фоне почти двухсотлетнего периода его понижения. Смена знака и скорости изменения уровня Каспия приводит к существенным экологическим последствиям, в одних случаях затрудняя судоходство и ведение рыбного промысла, в других – затопливая территории, строения, промыслы, коммуникации.

В данное время в республике имеется 7 действующих, 1 строящаяся и 11 проектируемых ГЭС (рис. 1). Основная часть их находится в горных районах и предгорных районах.

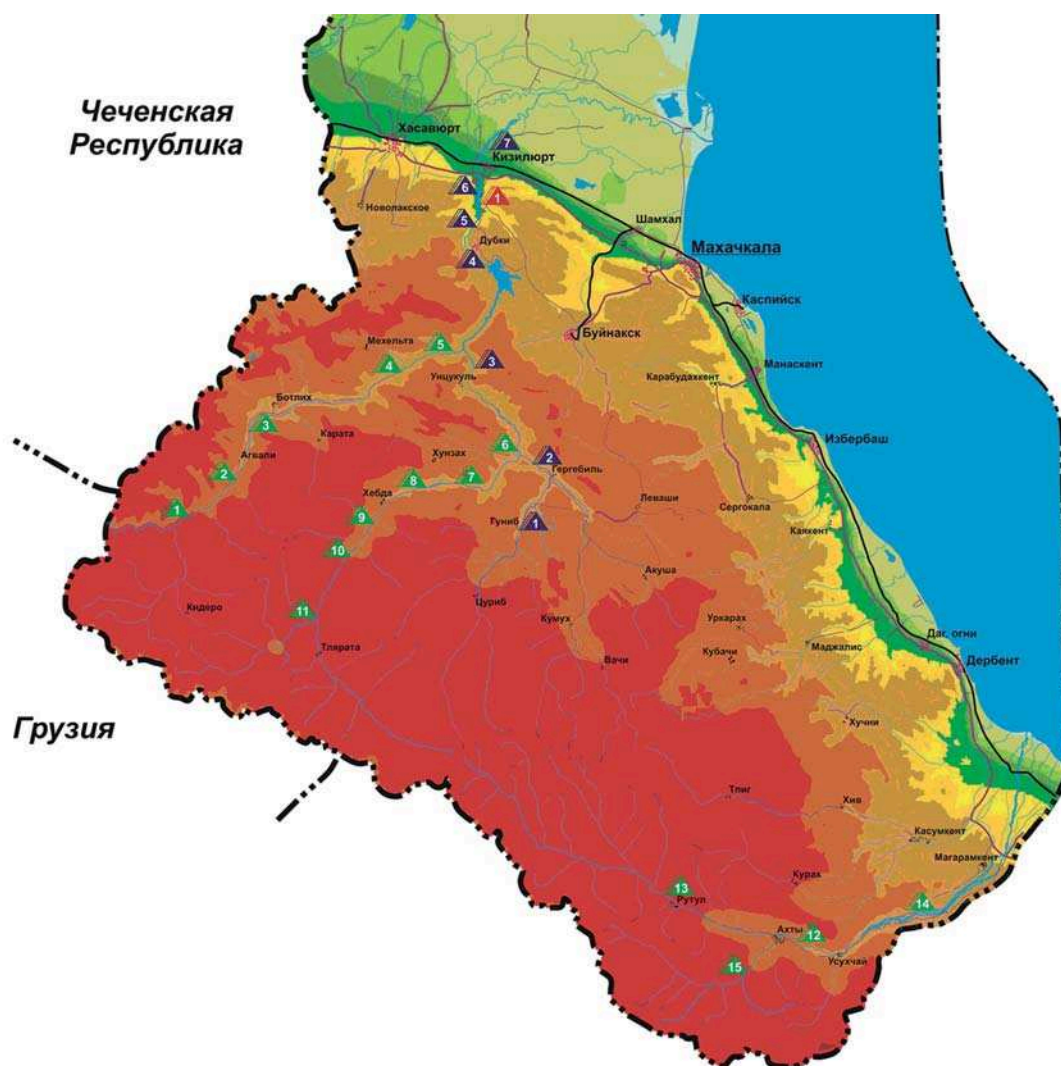


Рис. 1. Места расположения ГЭС на территории Дагестана

Земная кора в районах крупных водохранилищ претерпевает постоянное деформирование под воздействием эндогенных, экзогенных и техногенных источников. Как показывает опыт создания крупных водохранилищ, пятая часть из них становится причиной активизации сейсмической деятельности даже в сейсмически безопасных местах. Влияние нагрузки водохранилищ и ее сезонного колебания на изменение напряженно-деформированного состояния вмещающих горных массивов еще более увеличивает опасность возникновения сильного землетрясения в районах с повышенной сейсмической активностью, которое может вызвать разрушение плотины и привести к экологической катастрофе.

В связи с этим нашей лабораторией были проведены работы по мониторингу геодинамической активности региона на основе GPS-измерений.

Организация геодезических измерений для геодинамических исследований с применением спутниковых технологий в Дагестане. С разработкой системы глобальной спутниковой привязки (GPS) появилась возможность более оперативно отслеживать геодинамические движения в регионе. Для этого в регионе должна быть установлена постоянно действующая сеть таких станций или заложены геодинамические реперы, измерения на которых ведутся периодически (несколько раз в течение года). Стандартная точность измерения координат GPS-системами составляет десятки сантиметров. Для дорогих специализированных систем со спутниковой коррекцией эта точность составляет единицы сантиметров. Для получения требуемой в геодинамических

исследованиях точности (миллиметры и доли миллиметров) используется специализированная методика обработки временных рядов непрерывных измерений, получаемых от GPS-станций. Ближайшая подобная станция, являющаяся элементом мировой геодинимической GPS-сети и работающая в непрерывном режиме, расположена в Зеленчуке. При обработке учитываются характеристики орбит спутников, состояние радиопрозрачности атмосферы и т.д., в том числе и приливные колебания земной коры, величина которых около 15 см. Поэтому наблюдения на каждой реперной точке должны вестись более суток.

В силу своего назначения сеть для геодинимических исследований должна обеспечить выявление подвижек земной коры в регионе как в глобальном, так и в региональном масштабах. Основным фоном, на котором происходят эти подвижки, является надвиг с разворотом Аравийской плиты на Евразийскую платформу и орогенез Кавказа. Нивелировочными работами выявлено, что в регионе наблюдаются противофазные движения предгорий и низменностей, дифференциация движений вдоль предгорий и по блоковым структурам. Таким образом, сеть должна охватывать низменные (Приморская низменность, Терско-Каспийский прогиб и т.д.), горные и предгорные районы. При выборе мест установки опорных точек обязательно должна учитываться блочная структура строения региона, единого мнения по которой пока не выработано. Эта неопределённость и объективная сложность строения региона вносят дополнительные сложности при выборе мест установки опорных точек.

Сейсмически активная территория Дагестана охватывает складчатое сооружение Восточного Кавказа и его стык с передовым прогибом. Здесь происходят основные геодинимические процессы, землетрясения. Поскольку эта территория состоит из 14 блоков земной коры различной величины и порядков, потребуется оборудовать 14 пунктов GPS и еще 5 пунктов для изучения поперечных разломов, всего 19 пунктов GPS. Причем большая часть пунктов необходима в области Дагестанского клина, где блоковое строение земной коры выражено наиболее четко и где концентрируется основная масса произошедших землетрясений.

Организация геодезических измерений для геодинимических исследований с применением спутниковых технологий в Дагестане относится к концу прошлого века. Осенью 1996 г. в районе Чиркейского гидротехнического сооружения была создана локальная сеть пунктов GPS, включающая часть пунктов, входящих в деформационную сеть местного гидроузла и несколько вновь закрепленных пунктов, расположенных в Нарат-Тюбинской моноклинали, на Хадумском куполе и Южном крыле Салатауской антиклинали. К настоящему времени на этой сети, включающей 11 пунктов выполнено 4- 5 циклов повторных измерений [1]. На территории Азербайджана – ближайшего соседа Дагестана – измерения GPS для изучения геодинимических процессов ведутся с 1998 г. при участии американских специалистов.

Дальнейшее развитие системы деформационных исследований с применением спутниковых технологий на территории Дагестана началось с 2002 г., когда был создан пункт в г. Махачкале и измерения GPS на нем были выполнены одновременно с измерениями на Чиркейской геодинимической сети. На следующий год развитие новой региональной сети пунктов было выполнено в центральной и южной части территории республики. Это стало началом создания Дагестанской геодинимической сети. При выборе мест расположения пунктов учитывалось, что они должны отражать движения земной коры, а не ее поверхностного слоя, а также в течение длительного времени не должны подвергаться значимому экзогенному и антропогенному воздействию. А с другой стороны, каждый пункт должен быть доступен для организации многодневных наблюдений, иметь над собой свободную полусферу неба, рядом не должно быть источников сильных электромагнитных помех и т.д. С учетом горного рельефа и сложности геологического строения удалось создать еще более десятка пунктов, хотя для получения требуемого уровня представительности количество их должно быть значительно больше. Название пунктов присваивали традиционно соответственно наименованию ближайшего населенного пункта, кроме того, они имеют четырех буквенный идентификатор на латинице. Схема размещения пунктов GPS приведена на рис. 2.

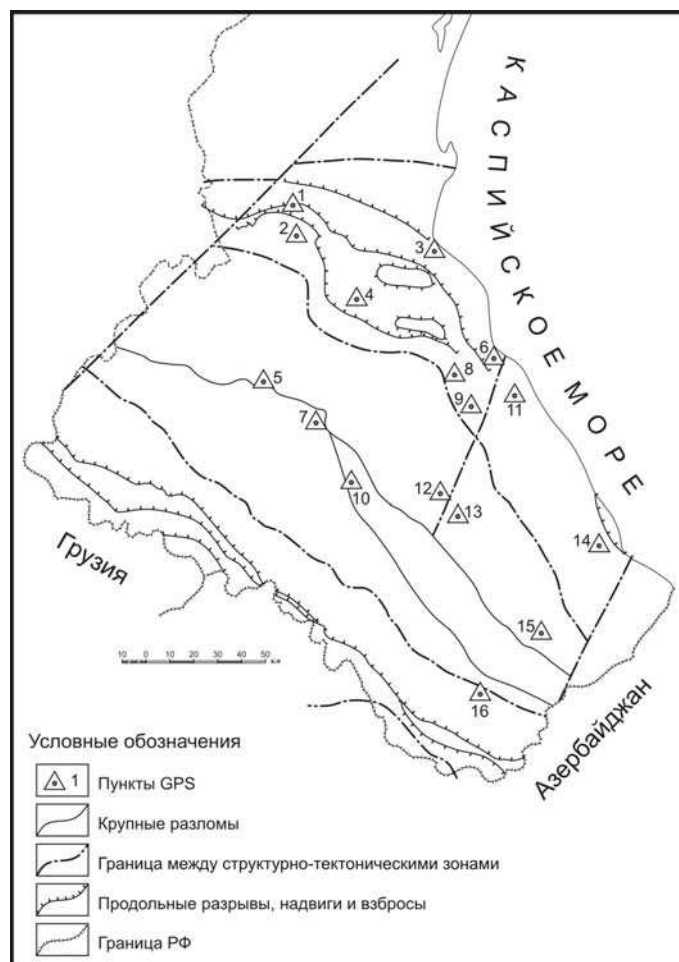


Рис.2. Структурно-тектонические зоны на территории Дагестана и расположение пунктов GPS

Большая часть пунктов расположена в области Дагестанского клина, где блоковое строение земной коры выражено наиболее четко и где концентрируется основная масса произошедших землетрясений. Повторные наблюдения на пунктах Дубки (1), Зурамакент (2), Буйнакск (4), Махачкала (5), Губден (7), Манас (8), Сергокала (10) позволят следить за смещением складчатого склона передового прогиба в зоне Дагестанского клина, а на пунктах Первомайск (11) и Рукель (14) – в зоне линейных складок. Пункт Махачкала расположен в наиболее выдвинутой центральной части Талги-Губденского выступа Дагестанского клина по обе стороны предполагаемого Махачкалинского поперечного разлома. Ежегодные замеры смещения на нем позволят подтвердить или опровергнуть наличие современной активности разлома. Представление о смещениях Агвалинской наклонной складчатой ступени возможно получатся в результате наблюдений на пункте Гуниб (6). Данные измерений на пунктах Хунзах (3) и Харбук (12) позволят следить за смещением поперечных блоков в складчатой террасе Известнякового Дагестана соответственно Капчугайского и Талги-Губденского. Измерения на пункте Кумух (9), располагающимся в западной части Бейбулагского синклиория, позволят определить величину современного смещения этой структуры и, возможно, решать вопрос о смещении Талги-Губденского поперечного блока в сланцевой части Дагестана. Расположение пунктов Кубачи (13) и Цнал (15) позволят также определить величины смещения северо-западной, центральной и юго-восточной частей интенсивно воздымающегося Джуфидагского антиклинория, а пункта Ахты (16) в структурно-тектонической зоне поднятия Бокового хребта позволит следить за движениями этой структуры. Контроль за современной активностью в зоне Гамриозеньского поперечного разлома должен осуществляться данными полученными на группе пунктов Манас (8), Сергокала (10), Первомайск (11), Харбук (12), Кубачи (13), а на пунктах Рукель (14) и Цнал (15) по Самурскому поперечному разлому.

Результаты GPS измерений. К настоящему времени выполнены три эпохи измерений на региональной Дагестанской геодинимической сети. Полученные результаты представлены в виде карт смещения реперных точек относительно выбранной опорной точки (рис. 3, 4 и 5), а также наложены на 3D-модель Республики Дагестан [2] (рис. 6).

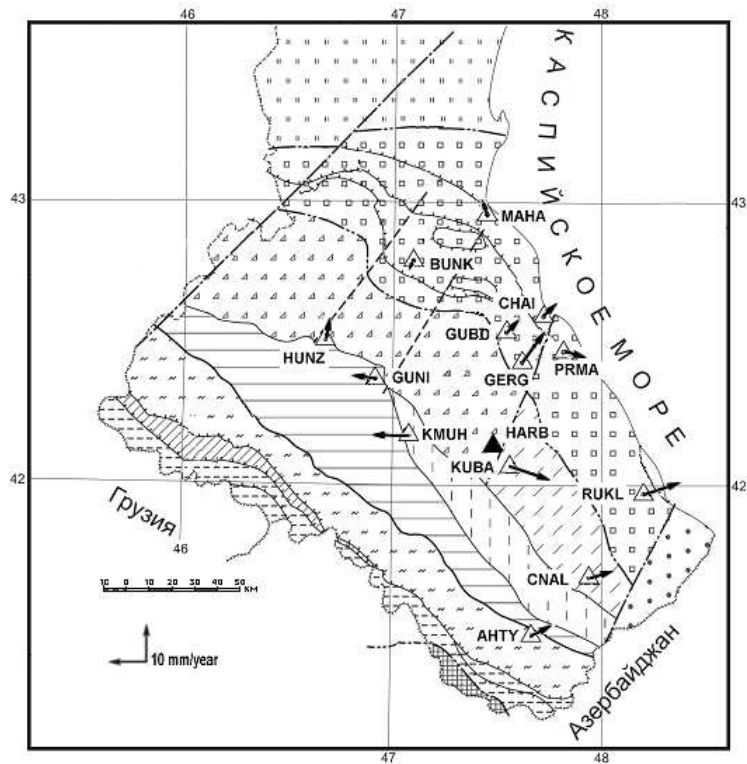


Рис. 3. Результаты проведенных работ по геодинимике. Смещение точек наблюдения относительно точки в Харбуке

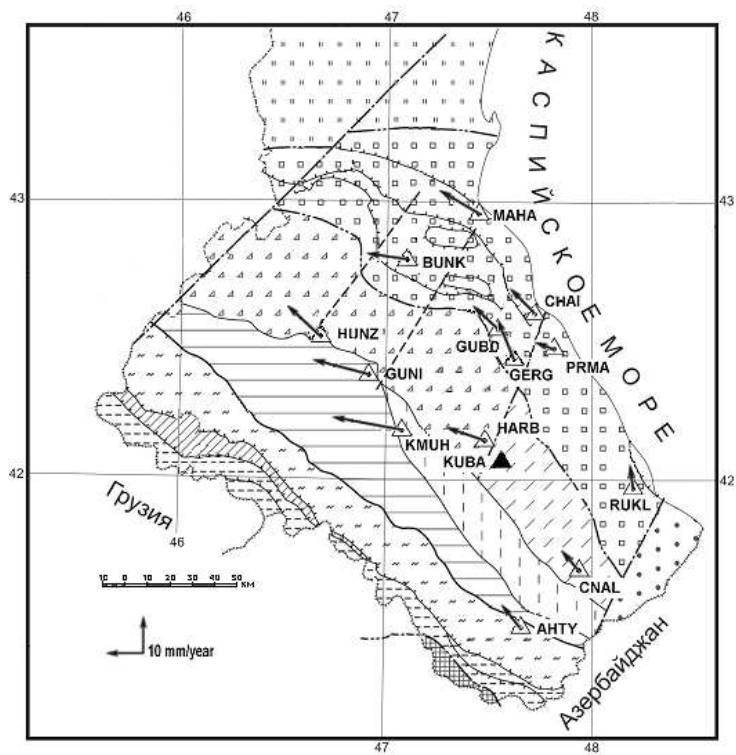


Рис. 4. Результаты проведенных работ по геодинимике. Смещение точек наблюдения относительно точки в Кубачах

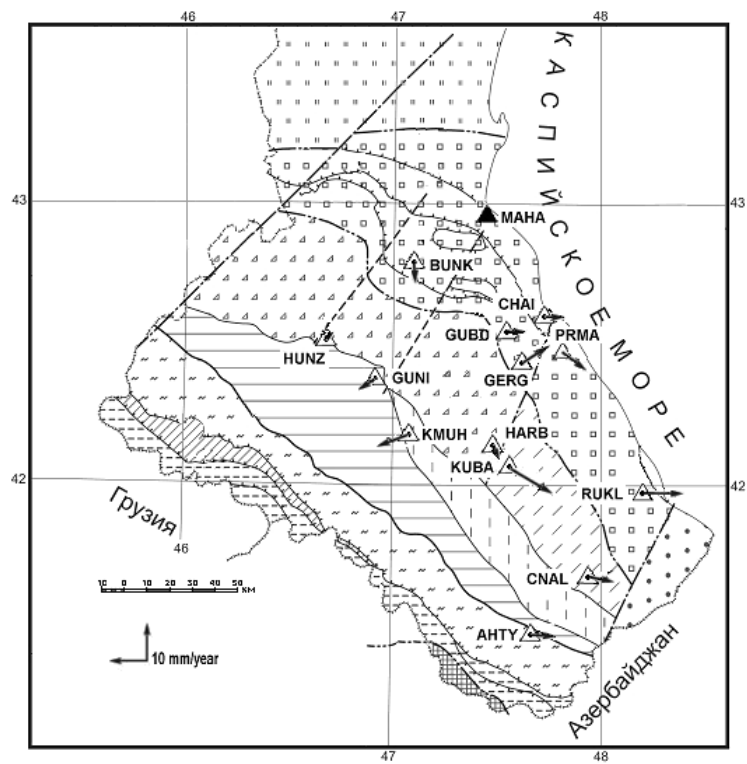


Рис. 5. Результаты проведенных работ по геодинамике. Смещение точек наблюдения относительно точки в Махачкале

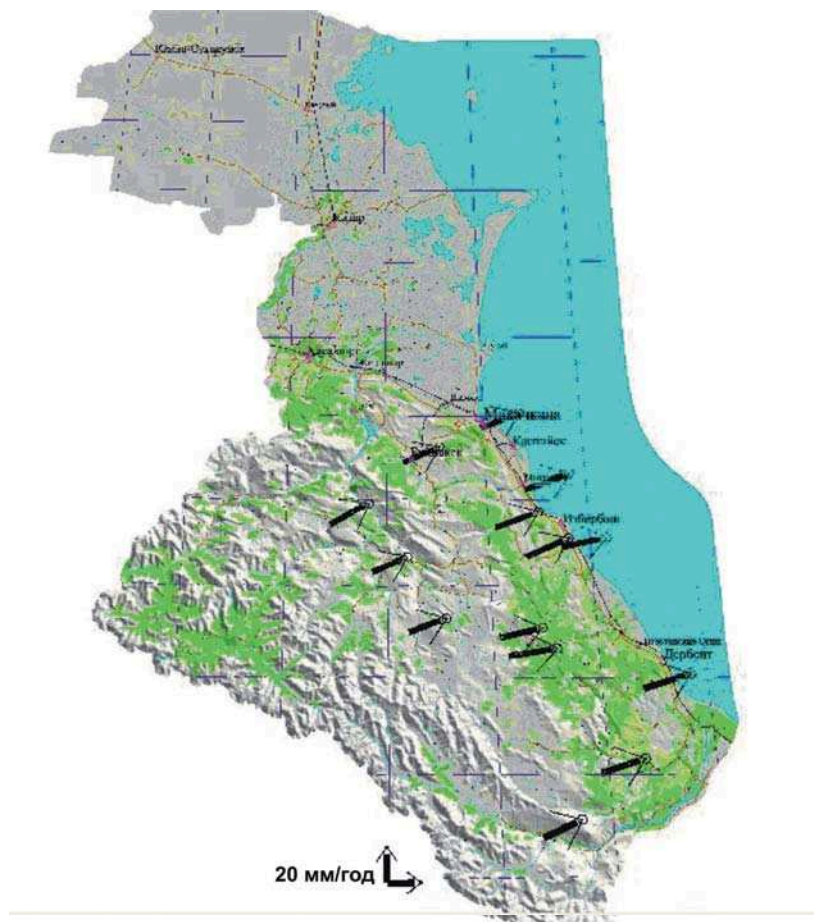


Рис. 6. Результаты геодинамических исследований, визуализированные с помощью 3D-модели Дагестана

Построенные карты смещения указывают на то, что для территории Дагестана свойственны горизонтальные перемещения в северо-восточном направлении по азимуту 69° со средней скоростью 31 мм за год (в ITRF 2000). По-видимому, с этими региональными деформационными процессами связаны периодические колебания уровня Каспийского моря, который с 1978 г. испытывает подъем на фоне почти столетнего периода его понижения.

Заключение. В ходе организации регулярных геодинимических исследований в регионе был выполнен анализ распределения теплового потока в регионе и на основе него создана сеть опорных точек на блоках и микроблоках земной коры. Организован сбор информации с этих точек с последующей обработкой и определением направлений и скоростей движений. В регионе выявлены зоны повышенных и пониженных скоростей движения и организовано слежение за их эволюцией.

Таким образом, положено начало осуществлению комплексного мониторинга современных геодинимических движений литосферы, с определением направлений и скоростей смещения разрывных зон, являющихся потенциальными источниками аварийных ситуаций с катастрофическими последствиями. По результатам работы составляется карта современных геодинимических движений региона с выделением зон с аномально высокими скоростями движения, опасными для жилого, промышленного, транспортного и специального строительства.

Литература

1. Булаева Н.М., Галаганов О.Н., Гусева Т.В., Даниялов М.Г. Геодинимические исследования в Дагестане с применением спутниковых технологий // Материалы 38 тектонического совещания «Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых». Отв. редактор Ю.В. Карякин. Москва, ГЕОС. Т.1. 2005. С.75-78.

2. Булаева Н.М., Османов Р.Ш. Система сбора, накопления и интерпретации геофизических данных по Восточному Предкавказью для решения мониторинговых задач // Информационные ресурсы России, 2004. №2. С. 22-25.