

Южно-Байкальский инструментальный комплекс для мониторинга опасных геодинамических процессов

УНУ создана в 1994 году

АДРЕС: 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, д. 128

РУКОВОДИТЕЛЬ РАБОТ: Семинский Константин Жанович, (3952) 423027, seminsky@crust.irk.ru

БАЗОВАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт земной коры Сибирского отделения Российской академии наук

ИНФОРМАЦИЯ ОБ УНИКАЛЬНОЙ НАУЧНОЙ УСТАНОВКЕ (УНУ)

ГЛАВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА, ОБОСНОВАНИЕ УНИКАЛЬНОСТИ УСТАНОВКИ, В ТОМ ЧИСЛЕ СОПОСТАВЛЕНИЕ УНУ С СУЩЕСТВУЮЩИМИ АНАЛОГАМИ

УНУ «Южно-Байкальский инструментальный комплекс для мониторинга опасных геодинамических процессов» предназначен для мониторинга деформаций литосферы в пределах Байкальского геодинамического полигона на больших и малых базах, а также мониторинга эманаций радона. Мониторинг деформаций на больших базах осуществляется с использованием метода спутниковой геодезии (GPS/ГЛОНАСС технология) на 5 станциях постоянных измерений и 40 полевых пунктах, где измерения производятся периодически. Полевые пункты заложены на скальном основании. Сеть полигона охватывает все основные сейсмически активные структуры региона и позволяет проводить измерения с точностями, превышающими значения скоростей движений в пределах полигона. Передача данных с постоянных станций в центр обработки осуществляется с использованием Интернет и сотовой связи. Уникальность сети длиннобазисных измерений современных движений определяется двумя составляющими. Во-первых, полигон обладает одним из самых длинных рядов измерения современных движений в России – измерения были начаты в 1994 году. Необходимость длительных рядов измерений определяется невысокими скоростями деформаций во внутриконтинентальных условиях и возможностью изучения процессов накопления и релаксации напряжений при формировании очагов сильных землетрясений и землетрясений средней силы. Во-вторых, уникальным является сам объект исследований – Байкальский рифт, который представляет зону активного современного растяжения, расположенную предельно далеко от известных границ крупных тектонических плит. Именно на его примере измерения деформаций и сопоставление их с сопредельными территориями позволяют решать фундаментальную проблему происхождения континентальных тектонических деформаций. Уникальность мониторинга деформаций на малых базах определяется двумя составляющими. Первая составляющая представлена инструментальной системой (ИС) «Земная кора», разработанной и созданной в ИЗК СО РАН в рамках программ импортозамещения. Технические и программные инновационные решения, использованные при разработке ИС, обеспечили ей преимущества перед зарубежными аналогами по себестоимости, энергопотреблению, точности измерений, экономичности дистанционной передачи данных на базовый сервер, доступности и управляемости с любого стационарного и мобильного коммуникационного оборудования с интернет связью. Себестоимость ИС в 10 и более раз ниже зарубежных аналогов. Невысокий уровень энергопотребления позволяет использовать ИС автономно с аккумулятором и небольшой солнечной батареей. Используемое схемное решение аналого-цифрового преобразователя позволило достигнуть точности измерений, приближающейся к точности измерений сложных по техническому исполнению и дорогостоящих лазерных устройств. Сервисная программа пользователя адаптирована для работы с любым коммуникационным оборудованием: компьютером, ноутбуком, планшетом, сотовым телефоном. Это делает ИС и

серверный архив данных легко доступными. Вторая составляющая уникальности ИС на малых базах заключается в том, что впервые в мировой практике мониторинговых исследований в поземных условиях создана пространственно-разнесенная сеть точек мониторинга, позволяющая не только регистрировать величины деформаций горных пород, но и изучать их пространственно-временную динамику.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРОВОДИМЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УНУ

- создание моделей взаимосвязи современной геодинамики Байкальской рифтовой зоны с коллизионными процессами на восточной и южной окраинах Евразийской плиты;
- оценка величин и скоростей современных перемещений и деформаций литосферы в пределах Байкальской рифтовой зоны и сопредельных территорий;
- определение степени влияния пространственно-временных вариаций перемещений и деформаций литосферы на интенсивность опасных процессов (в т.ч. сейсмичность) в пределах Байкальской рифтовой зоны и сопредельных территорий;
- создание фундаментальных основ технологии средне- и краткосрочного прогноза землетрясений, опасных эманационных и других процессов в Прибайкалье и смежных регионах;
- проведение (в т.ч. в режиме реального времени) мониторинга деформаций на малых и больших базах, измерений концентраций радона и формирование по измеряемым параметрам баз данных, а также управляющих ими специализированных ГИС.

НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИМЫЕ НАУЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

1) Исследованы современные деформации в области сочленения Южно-Байкальской, Северо-Байкальской и Баргузинской впадин. Показано, что поле скоростей горизонтальных движений в этой части рифтовой системы характеризуется ЮВ направлением векторов относительно Сибирского блока. Средние значения скоростей увеличиваются от 3.0 мм/год в северной части Южно-Байкальской впадины до 6.5 мм/год – в Баргузинской. Преобладающим для района является поле деформаций удлинения земной поверхности в СЗ-ЮВ направлении. Вместе с тем, на многих участках отмечается сдвиговый тип поля деформаций. Наряду с указанными решениями, в Маломорской впадине, в северной части Ольхонско-Святоносской перемычки и в Чивыркуйской впадине получены решения с СЗ-ЮВ направлением удлинения, что связано с формированием поперечных к общему простиранию рифта сбросов в условиях поднятия и разрушения блоков Ольхонско-Святоносской перемычки. (Лухнев и др., 2013). 2) По данным долговременных измерений современных движений методом GPS-геодезии в пределах Байкальского геодинамического полигона рассчитана скорость дивергенции Североевразийской и Амурской плит, которая составляет $3,4 \pm 0,7$ мм/год. Скорость деформации в пределах Байкальской впадины достигает 3.1×10^{-8} год⁻¹. Используя соответствие графиков скорости накопления геодезического момента и реализации сейсмического момента для исторических землетрясений с $M \geq 5.0$, рассчитан текущий уровень сейсмической опасности территории, отвечающий землетрясению с $M=7,5-7,6$ (Саньков и др., 2014; Sankov, 2014). 3) Проведен анализ современных движений земной поверхности по собственным и опубликованным данным GPS-измерений на территории Амурской плиты и ее окраин. На основе объединенного поля скоростей движений построено непрерывное поле скоростей деформаций, рассчитаны скорости дилатации, направления и значения главных осей деформации. Выявлены зоны фоновых деформаций, приуроченные к внутренней части Амурской плиты, и зоны с повышенными значениями деформаций на ее границах (Ашурков и др., 2016). 4) На основе численного анализа многолетних временных рядов метеорологических параметров рассчитаны поправочные коэффициенты для нивелирования погрешности GPS-измерений для постоянных станций полигона. Установлены периоды вариативности зенитной задержки, которая практически пропорциональна влагосодержанию в тропосфере (Дембелов и др., 2015; Лухнева и др., 2016). 5) Комплексный анализ данных деформационного мониторинга на малых базах позволил показать, что неупругие

деформации горных пород реализуются в форме колебательного процесса с широким спектром периодов колебаний. Установлено, что в сейсмически спокойные периоды структура колебательного процесса хаотична. За несколько дней до сильного землетрясения ситуация кардинально меняется. Спектр колебаний приобретает упорядоченный вид за несколько дней до реализации сейсмического события (Борняков, и др., 2016).

6) Изучена структура деформационный процесса и выявлено, что он имеет многокомпонентную природу, порождаемую, с одной стороны гравитационными взаимодействиями Земли с Солнцем и Луной (космогенный фактор), с другой развивающимся под влиянием эндогенных причин тектоническим процессом (эндогенный фактор). В сейсмически спокойные периоды между землетрясениями преобладает действие космогенного фактора. Перед землетрясениями на первый план выходит влияние эндогенного фактора, что находит отражение в наличии отрицательных значений коэффициента автокорреляции для временного ряда деформаций и в появлении признаков наличия кооперативных эффектов в деформационном процессе (Салко и др., 2016). Деформационная картина впервые проинтерпретирована с позиций волнового механизма. Выделены два типа медленных деформационных волн и оценены их основные параметры (Борняков и др., 2017). Показано, что скорость деформационных волн меняется во времени. Зарегистрировано аномальное снижение скорости за два-три дня до землетрясения, что может в дальнейшем тестироваться как краткосрочный предвестник.

7) Деформационный мониторинг дополняется мониторингом эманаций подпочвенного радона в зонах сейсмоопасных разломов. Исследование эманационного поля радона над разломными зонами позволило для Прибайкалья не только откартировать сместители, но и изучить внутреннюю структуру главных рифтообразующих разломов. Аномалии радона над этими дизъюнктивами демонстрируют ярко выраженную продольную и поперечную неоднородность, обусловленную изменчивостью проницаемости субстрата разломной зоны для газовых эманаций. Обобщенный поперечный разрез линейно вытянутой аномальной области характеризуется неравномерным повышением объемной активности радона от периферии к осевой части. На этом фоне, как правило, обособляется серия локализованных максимумов и минимумов, отражающих положение крупных разрывов и блоков, отличающихся по проницаемости (Семинский и др., 2012; Handbook of Radon, 2012; Семинский и др., 2013)

8) Установлено, что определяющую роль в распределении концентрации почвенного радона над разломными зонами Прибайкалья в условиях стандартной геохимической обстановки по урану играет структурно-геодинамический фактор. Распределение, направление действия и интенсивность деформирующих сил контролируют размеры, строение и активность разломной зоны, что предопределяет размеры, форму и контрастность аномалии почвенного радона. Предложен количественный показатель, характеризующий степень радоновой активности, согласно которому разломы Прибайкалья делятся на 5 групп (сверхвысокой, высокой, повышенной, средней и низкой активности) (Семинский и др., 2014).

9) В пределах разломных зон были выявлены наиболее «чувствительные» в плане эманаций точки с максимальными амплитудами вариаций радона. По характеру реакции поля радона на сейсмичность «чувствительные» точки в разломных зонах делятся на три группы. Наиболее благоприятным местом для расположения станций мониторинга радона являются участки разломных зон с высокой степенью нарушенности, которые находятся вблизи наиболее крупных дизъюнктивов региона (Бобров, 2016).

10) Мониторинговые исследования, проведенные в ряде «чувствительных» точек Прибайкалья, показали, что вариации объемной активности радона в течение периода весна-лето-осень могут составлять более одного порядка и являются колебательными по типу. Существенное изменение проницаемости во времени обусловлено интенсивными изменениями напряженного состояния горного массива под воздействием внешних и внутренних (геодинамических) факторов. Влияние первой группы факторов выражается в синхронных колебаниях объемной активности радона и атмосферного давления, которые происходят в противофазе. Преобладание суточных и четырехсуточных периодов свидетельствует, что на напряженном состоянии горного массива сказываются лунные приливы и циклонические явления, связанные с взаимодействием Земля-Солнце. Влияние второй группы факторов выражается в отчетливой связи эманаций радона с проявлениями сейсмической активности, в т.ч. и – с катастрофическим землетрясением в Японии 11.03.2011. (Семинский, Бобров, 2013).