

АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

ИНСТИТУТ СЕЙСМОЛОГИИ им.Г.А. МАВЛЯНОВА

**СБОРНИК ДОКЛАДОВ
МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ АКТУАЛЬНЫХ
ПРОБЛЕМ СОВРЕМЕННОЙ СЕЙСМОЛОГИИ
ПОСВЯЩАЕТСЯ 150 ЛЕТИЮ ТАШКЕНТСКОЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ГЕОФИЗИЧЕСКОЙ
ОБСЕРВАТОРИИ,**

15-16 октября 2018 г., г. ТАШКЕНТ, УЗБЕКИСТАН

Татевосян Р.Э., Яковлев Ф.Л. Сейсмичность Рачинского землетрясения и положение очага в деформационной структуре осадочного чехла и коры Большого Кавказа. // Сб. докладов Международной научной конференции «Геофизические методы решения актуальных проблем современной сейсмологии». Институт Сейсмологии АН РУз. Ташкент. 2018. С. 52-56.

ТАШКЕНТ-2018

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	9
СЕКЦИЯ 1 ОЦЕНКА СЕЙСМИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ	
Хусомиддинов С.С. История, достижения и перспективы развития геофизических исследований в Узбекистане.....	12
Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Мирзаев М.А. Комплекс новых карт общего сейсмического районирования территории Узбекистана ОСР-2017.....	17
Аронов А.Г. Сейсмологические исследования и изыскания при строительстве Белорусской АЭС.....	21
Артиков Т.У., Ибрагимов Р.С., Ибрагимова Т.Л., Кучкаров К.И., Мирзаев М.А. Оценки сейсмической опасности территории Восточного Узбекистана в спектральных амплитудах скоростей колебаний грунта.....	26
Джанабиллова С.О., Абдрахматов К.Е., Ельдеева М.С., Тукешова Г.Е. Детерминистская оценка сейсмической опасности Северного Тянь-Шаня.....	32
Ибрагимов А.Х. О применимости системы раннего оповещения о сильных землетрясениях в Узбекистане.....	36
Зайнидинов Х.Н., Артикова М.А., Маллаев О.У. Параллельные алгоритмы обработки сейсмических сигналов.....	38
Eskin A.Yu. Comprehensive assessment of seismic hazard of urban areas (based on the construction site in Irkutsk).....	41
Петров С.А. Автоматизированная система сейсмометрического мониторинга.....	46
Стром А.Л., Нуртаев Б.С., Садыкова Л. К вопросу о расчетной сейсмичности участка строительства Пскемской ГЭС.....	47
Татевосян Р.Э., Яковлев Ф.Л. Сейсмичность Рачинского землетрясения и положение очага в деформационной структуре осадочного чехла и коры Большого Кавказа.....	52
М.А. Rong, ZHU Cheng-ying, XU Qiu-long A preliminary study of mud volcano radon gas measurements in northern Tianshan of Xinjiang.....	56
СЕКЦИЯ 2 ПРОБЛЕМЫ ПРОГНОЗА ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ	
Абдуллабеков К.Н., Максудов С.Х., Туйчиев А.И., Сагдуллаева К.А. Роль обсерватории «Янгибазар» в геомагнитных исследованиях в Узбекистане по проблеме прогнозирования землетрясений.....	59
Хусамиддинов С.С., Хусамиддинов А.С., Садиров Ф.Х., Исломова Н.Ф. Особенности нарастающей интенсификации приливных деформаций в области готовящегося землетрясения.....	63
Yuldashev B. S., Muminov R.A., Maksudov A.U., Radzhapov S.A., Zufarov M. A., Umaraliev N., Rajarov B.S. Features of earthquake prediction by the method of nuclear-physical processes.....	67
Tang M S , Wang H T , Wei Y Y , Li Y Y , Ge C The poisson's variations of crustal media before the 2012 ms6.6 Xinyuan-hejing China earthquake in xinjiang by receiver functions.....	70
Шаров Н.В. Мониторинг геофизических полей в Республике Карелия.....	74
Абдуллаев А.У. Исследование флюидного режима земной коры сейсмоактивных областей на основе численной модели гидрогеохимического мониторинга (на примере Юго-Восточного	

СЕЙСМИЧНОСТЬ РАЧИНСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ И ПОЛОЖЕНИЕ ОЧАГА В ДЕФОРМАЦИОННОЙ СТРУКТУРЕ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА И КОРЫ БОЛЬШОГО КАВКАЗА

Татевосян Р.Э., Яковлев Ф.Л.

Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Москва, Россия

Сейсмологические данные. Основным методом моделирования очагов сильных землетрясений является моделирование волновых форм на телесеismicких расстояниях. Как и любая обратная задача геофизики, решение неоднозначно. В случае Рачинского землетрясения также были предложены различные модели очага. На рис. 1 представлены модели с 3-мя и 4-мя суб-источниками.

Пространственное распределение афтершоков по глубине не позволяет выделить пологую плоскость, погружающуюся под Большой Кавказ. На профиле «Е» скорее можно отметить погружение гипоцентров от Большого Кавказа на юг. Отметим также, что суб-источники 2 и 3 на профиле «В» приурочены к поверхности консолидированного фундамента, в то время, как афтершоки располагаются как выше, так и ниже границы фундамента. Это можно интерпретировать таким образом: после главного толчка среда в очаговой области оказалась настолько раздробленной, что афтершоки перестали «замечать» границу фундамента. Но до главного толчка эта граница в существенно контролировала возможное положение суб-источников.

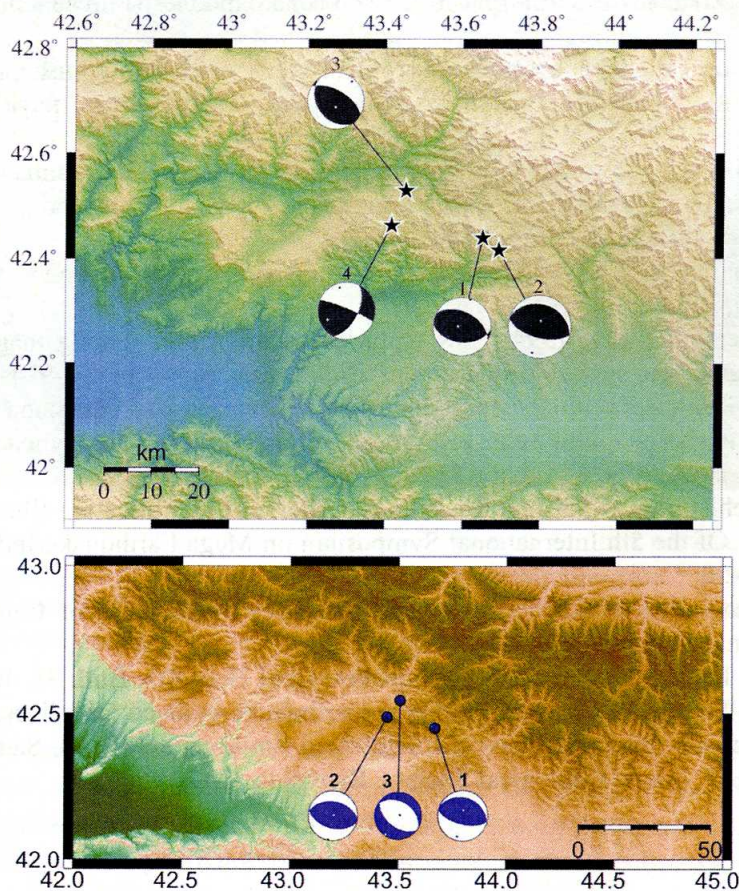


Рис. 1. Модели очага Рачинского землетрясения (29 апреля 1991 г., $M_w = 6.9$) с четырьмя (вверху) [1] и тремя суб-источниками (внизу) [2].

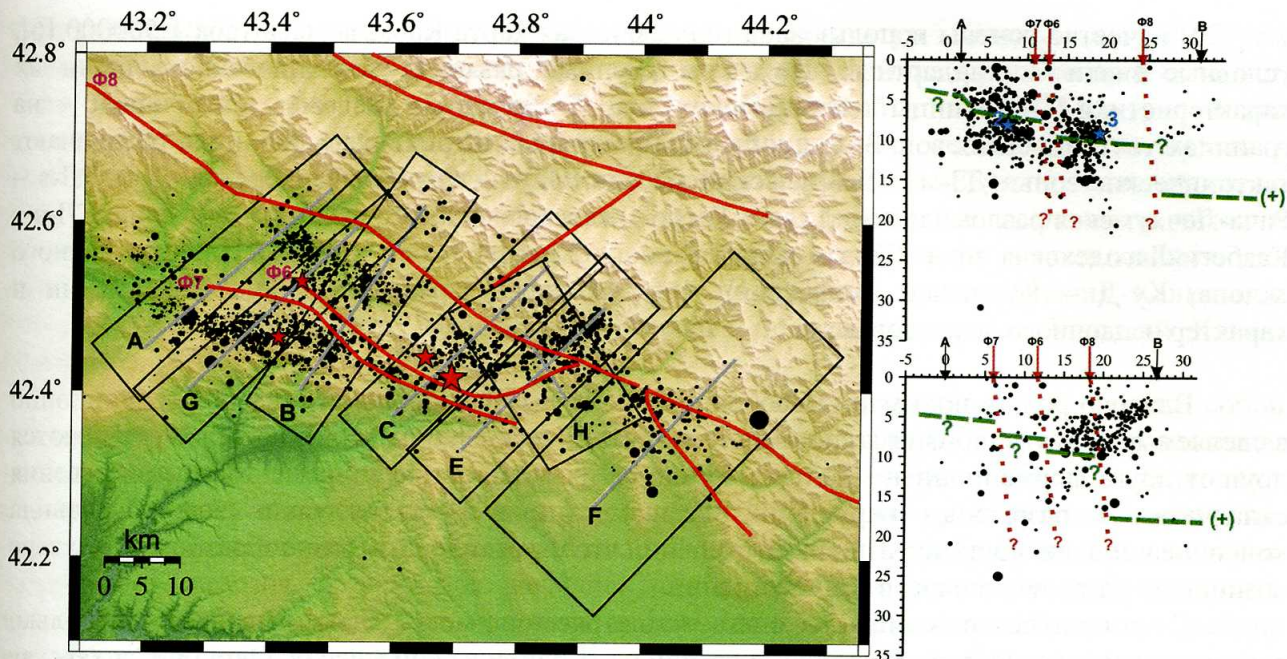


Рис. 2. Карта афтершоков Рачинского землетрясения и разрезы по глубине по профилям «В» (справа сверху) и «Е» (справа внизу). Красные линии – разломы. Разломы Ф6, Ф7 и Ф8 пересекают профили (показано вертикальными стрелками). Красные звездочки на карте эпицентров – суб-источники по модели [1]. Зеленый пунктир на профилях показывает положение фундамента («?» – предположительно, «+» – по сбалансированной модели структуры осадочного чехла). Голубые звездочки (2 и 3) – суб-источники по модели [2]. Вертикальный и горизонтальный масштабы на разрезах одинаковы.

Тектоническое районирование области очага Рачинского землетрясения

В тектоническом отношении область очага Рачинского землетрясения расположена в месте сочленения альпийского складчато-надвигового сооружения Большого Кавказа и структур Закавказского массива (рис. 3).

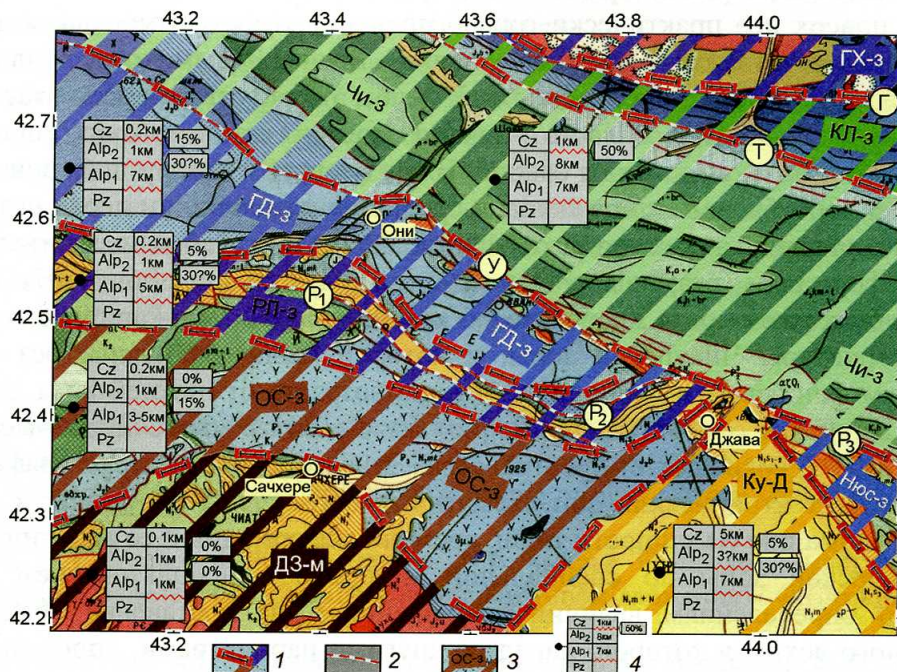


Рис. 3. Схема тектонического районирования области очага Рачинского землетрясения.

В качестве основы использована геологическая карта Кавказа масштаба 1:500000 [6], условные знаки – стандартные. Показаны крупные разломы, тектонические зоны и их характеристики. 1 – границы тектонических зон, 2 – крупные разломы, в том числе – на границах тектонических зон, 3 – одноцветная наклонная штриховка и таблички обозначают тектонические зоны (ДЗ-м – Дзирульский массив, ОС-з – Окрибо-Сачхерская зона, РЛ-з – Рача-Лечхумская разломная зона, ГД-з – Гагро-Джавская зона, Чи-з – Чиаурская зона, КЛ-з – Казбеги-Лагодехская зона, ГХ-з – зона Главного Хребта, Нюс-з – зона Надвигов южного склона, Ку-Д – Куринская депрессия), 4 – таблицы, характеризующие деформации и характер осадочного чехла зоны.

Важную роль в понимании особенностей структуры зоны очага играют традиционно выделяемые структурно-формационные или тектонические зоны [4, 5], которые отличаются друг от друга формационным составом осадков, их мощностью и временем возникновения складчатых и разрывных нарушений. Разная история развития таких зон обусловила консолидацию их коры в различной степени, что проявилось в разнообразном характере возникших разрывов и очагов землетрясений.

С юга на север в области очага землетрясения могут быть выделены несколько тектонических зон. В южной половине региона это Дзирульский массив, Окрибо-Сачхерская зона, Рача-Лечхумская разломная зона, Гагро-Джавская зона (рис. 3), которые можно отнести к Закавказскому массиву (последние две зоны – условно). В северной части это Чиаурская зона, Казбеги-Лагодехская зона, зона Главного Хребта, которые, несомненно, входят в состав сооружения Большого Кавказа. Наиболее древней и устойчивой зоной является Дзирульский кристаллический массив. Его фундамент сложен породами возраста от докембрийского до позднепалеозойского.

Осадочный чехол формируется осадками чисто платформенного типа мезозойско – кайнозойского возраста небольшой мощности (1-2 км суммарно), залегающими горизонтально. Севернее, в Окрибо-Сачхерской зоне мощность отложений нижней и средней юры (нижняя часть альпийского чехла, рис. 3, в таблицах, знак 4 – Alp_1) увеличивается до 3-5 км, породы в целом полого падают на север и нарушены небольшими складками и разрывами. Эта моноклираль была сформирована перед поздней юрой. Карбонатные мелководные отложения верхней юры и мела (верхняя часть альпийского чехла, рис. 3, Alp_2) залегают здесь поверх нее практически горизонтально с угловым несогласием (несогласия обозначены красным зигзагом в таблицах, знак 4 в рис. 3), имеют параплатформенный характер и небольшую, около 1 км мощность. В целом эта структура продолжается на восток от Окрибо-Сачхерской зоны, в область развития мощных кайнозойских толщ Куринской депрессии и в зону Надвигов южного склона. В следующих к северу двух зонах отложения нижней и средней юры были смяты в складки средней интенсивности перед поздней юрой, а верхняя часть чехла параплатформенного характера испытала слабые и заметные складчатые и разрывные деформации (разрывы «Р₁» и «Р₂», рис. 3; они же «Ф6», «Ф7» на рис. 2). К северу от граничных разломов – Уцерского («У»; «Ф8» на рис. 2) и Рачинского («Р₃», рис. 3) расположены структуры Чиаурской зоны, в которой были накоплены без перерывов и несогласий 15 км флишевых и флишеидных толщ возраста от нижней юры до эоцена. Эта мощная толща в течение олигоцена (примерно) была смята в многочисленные складки при заметном, около 50%, сокращении пространства. Эти особенности стратиграфии и истории развития основных тектонических зон схематично обозначены на рис. 3 в виде таблиц, содержащих информацию о мощности толщ, времени деформаций и ее величине.

Для Чиаурской зоны по специальной методике с использованием структурных профилей и по определениям величин сокращения была составлена сбалансированная модель осадочного чехла, в которой, наряду с другими параметрами, определялась глубина кровли фундамента [7]. Было определено, что на уровне кровли фундамента структура граничного разлома (Уцерского и Рачинского разрывов вместе, «У» и «Р₃», рис. 3), отделяющего Большой Кавказ от Закавказского массива, представляет собой

субвертикальный сброс с амплитудой погружения структур Кавказа на 10-12 км относительно Закавказского массива. При этом в среднем глубина фундамента в северной части Закавказского массива составляет 7-10 км, а в Чиаурской зоне – 20-25 км (рис. 2, две врезки разрезов). Выявленный характер структуры диктует необходимость признать пластичный характер сокращения фундамента в позднеальпийское время на величину около 50%, совпадающую с сокращением чехла. Совместная деформация осадочного чехла и фундамента в Чиаурской зоне полностью исключает возможность использования для интерпретации очага Рачинского землетрясения популярных схем строения Кавказа, в которых блоки фундамента Закавказского массива пододвигаются под Большой Кавказ (например, [8]).

Таким образом, область очага Рачинского землетрясения представляет собой совокупность блоков коры, разделенных в основном субвертикальными разломами, имеющих разную историю развития. Выявленные особенности блоков позволяют интерпретировать их прочностные и деформационные свойства, приобретенные в течение длительного времени развития. Южные блоки (Дзирульская и Окрибо-Сачхерская зоны) на протяжении мезозоя и кайнозоя являлись стабильными и прочными, обладающими консолидированным фундаментом; здесь деформации не возникают. В центре района находятся две зоны, Рача-Лечхумская и Гагро-Джавская, которые обладают относительно подвижным деформируемым фундаментом. В новейшее время и в фундаменте, и в чехле этих зон возникли как крупные, так и небольшие разрывы. К этим двум зонам приурочены основные суб-очаги землетрясения и его афтершоки. Чиаурская зона обладает глубоко погруженным слабо консолидированным фундаментом, позднеальпийские деформации которого в основном пластичны и достигают значительных величин. В этой зоне в целом не было условий для формирования крупных разрывов и, соответственно, нет афтершоков, имеющих большую магнитуду.

Выводы о характере очага землетрясения. На основании сейсмологических данных можно утверждать следующее. Записи объемных волн на телесеismicких расстояниях не дают однозначного представления об очаге Рачинского землетрясения. Есть как модель, в которой присутствует комбинация взбросов и сдвига, так и модель с компенсационным сбросовым движением. Круто падающие плоскости в суб-источниках не согласуются с представлением о доминировании здесь покровной тектоники. Вывод подтверждается также распределением гипоцентров афтершоков по глубине.

Предлагается тектоническое районирование области очага Рачинского землетрясения, в основу которого положены признаки истории развития (характер и мощности накопленных осадочных пород), примерная величина горизонтального сокращения структуры и время возникновения складчатости. Вкрест простираения зоны перехода Большой Кавказ – Закавказский массив земная кора по механическим свойствам может быть разделена на три типа: жесткая прочная (Дзирульская и Окрибо-Сачхерская зоны), пластично-хрупкая (Рача-Лечхумская, Гагро-Джавская зоны) и пластичная нехрупкая (Чиаурская зона). Основные суб-очаги и афтершоки Рачинского землетрясения приурочены к двум зонам пластично-хрупкого типа.

Литература

- 1 Fuenzalida H., Rivera L., Haessler H., Legrand D., Philip H., Dorbath L., McCormack D., Arefiev S., Langer C., Cisternas A. Seismic source study of the Racha-Dzhava (Georgia) earthquake from aftershocks and broad-band teleseismic body-wave records: an example of active nappe tectonics // *Geophys. J. Int.* 1997. V. 130. P. 29–46.
- 2 Вакарчук Р.Н., Р.Э. Татевосян, Ж.Я. Аптекман, В.В. Быкова. Рачинское землетрясение 1991 г. на Кавказе: многоактная модель очага с компенсационным типом движения // *Физика Земли*, 2013, № 5, С. 58–64.
- 3 Арефьев С.С., Плетнев К.Г., Татевосян Р.Э., Борисов Б.А., Аптекман Ж.Я., Васильев В.Ю., Делицын Л.Л., Романов А.А., Ошер Б.В., Парини И.Е., Афимбина Т.В., Шилова Н.Е., Шумилина Л.С., Джавахишвили З., Систернас А., Эсслер А., Ривера Л., Дорбат Л., Кинг Дж., Фуэнсалида А., Оуэн Т.,

Мас.Кормак Д., Бейкер К., Лангер Ч., Майер-Роза Д., Смит П. Рачинское землетрясение 1991 г.: результаты полевых сейсмологических наблюдений // Физика Земли. 1993. № 3. С. 12–23.

4 Геология СССР. Т. IX, Северный Кавказ (геологическое описание). М.: Недра, 1968. 759 с.

5 Шолпо В.Н., Рогожин Е.А., Гончаров М.А. Складчатость Большого Кавказа. М.: Наука, 1993. 192 с.

6 Геологическая карта Кавказа. Масштаб 1:500000 // Под ред. Д.В. Наливкина и др. Министерство Геологии СССР. ВСЕГЕИ. М.: Аэрогеология, 1978.

7 Яковлев Ф.Л. Опыт построения сбалансированной структуры восточной части альпийского Большого Кавказа по данным количественных исследований линейной складчатости // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2012, № 1. С. 191-214.

8 Дотдугев С.И. О покровном строении Большого Кавказа // Геотектоника. 1986. № 5. С. 94-106.

UDC 550.34

A PRELIMINARY STUDY OF MUD VOLCANO RADON GAS MEASUREMENTS IN NORTHERN TIANSHAN OF XINJIANG

M.A. Rong, ZHU Cheng-ying, XU Qiu-long

Earthquake Agency of Xinjiang Uygur Autonomous Region Urumqi, China e-mail: mrxjeq@126.com

Introduction. Radon gas measurement has been identified as a potential technique in scientific methodology used to study active faults and earthquake precursory signals. Measurements of radon have attracted considerable attention over the past several years due to its relationship with the seismicity [1-3].

Radon is a noble, chemically inert gas, constantly generated in rocks, soils and crustal materials. It is principally represented by the isotope ^{222}Rn (with a half life of 3.82 days) and it easily enters the rock pores and migrates to significant distances from the site of origin before its decay. Measuring the variations of radon, induced only by physical factors since it is not a reactive element, can provide valuable information on mud volcano (MV) degassing as well as on the dynamics of fluid transport processes [4-7]. Radon concentration variations have been established as a major contributor for seismic surveillance for few decades. While other gases have also been considered as possible earthquake precursors, however, bulk of reports in the scientific literature are focused on radon.

The main purpose of this paper is to present the results of a radon survey at mud volcano by using different methods and techniques. In addition, we present a two-year-long timeseries of measurements as well as some measurements on very high and extremely high radon emissions. Then, we will analyze the chronology of the techniques applied in radon monitoring at Wusu within the last two years, and discuss their use and efficiency in monitoring mud volcanoes.

Mud volcano. Mud volcano is a kind of structural geology phenomena under certain hydrogeology environment. Appearance of mud volcano related to oil-gas belt. Gas and groundwater erupt to surface in some region, due to underground pressure, bring sediment to surface along crack. This is the forming process of mud volcano. The baiyanggou mud volcano group is located in southwest of wusu city about 43km, which is the largest group of mud volcanoes found in China. Combined with the observation of earthquakes, geochemistry, geophysics and meteorology, the characteristics and regularities of the abnormal changes of radon gas concentration and seismic activity are preliminarily studied.

Methods. Radon concentration in mud volcano gas was measured using a professional radon monitor AlphaGUARD P2000 (GENITRON, GmbH, Germany). This is an ionization chamber, designed for measuring radon in air, water and soil. It is suitable for continuous measurements of radon and has a measurement range of 2–2,000,000 Bq/m³ (0.05–50,000 pCi/L) with a sensitivity of 5 cpm for 100 Bq/m³ (3 pCi/L). The AlphaGUARD monitor worked in a 'flow' mode and radon concentration was recorded every minute. The flow rate of the pump was 0.5 L/min. The AlphaGUARD ionisation chamber is a part of this gas cycle as well. The calibration of the