ЛИТОСФЕРА, 2013, № 3, с. 146–150

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 622.83:550.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДОНОМЕТРИИ ДЛЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ

© 2013 г. Т. Ш. Далатказин, Ю. П. Коновалова, В. И. Ручкин

Институт горного дела УрО РАН
620219, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58
E-mail: direct@igduran.ru

Поступила в редакцию 14.12.2011 г.

Представлены результаты экспериментальных исследований, подтверждающих соответствие геодинамической модели горного массива на основе данных радонометрии модели, построенной с использованием геодезических измерений. Полученные результаты позволяют применять радонометрию для геодинамического районирования.

Ключевые слова*: геодинамическая диагностика, горный массив, разрывное нарушение, радон.*

С целью совершенствования методов диагностики горного массива, в 2006 г. силами ИГД УрО РАН в г. Екатеринбурге был создан опытный геодинамический полигон на территории Ботанического сада УрО РАН. Территория Ботанического сада находится в зоне влияния Западно-Свердловского вертикального сброса, крутопадающего на восток [1]. Горный массив территории представлен нижнедевонским габбро-диорит-плагиогранитным комплексом [9]. Покровные отложения представлены характерными для правобережья р. Исеть глинами, с прослойками песка и гальки и суглинками (часто заторфованными).

Земная кора Урала и, в частности, Екатеринбурга находится в условиях субширотного тектонического сжатия [6, 7]. Здесь происходит активизация зон деформаций и нарушения сплошности верхней части земной коры субширотных (трещины отрыва), субмеридиональных (трещины сжатия) и диагональных (трещины скола северо-западных и северо-восточных) направлений, образующих закономерную систему [11].

По наблюдениям А.Н. Гуляева, в Екатеринбурге отмечается наличие цепочек аварий, диагональных по отношению к улицам, по которым проложены водоводы. Это может свидетельствовать об их тектонической природе. Изменение положения цепочек аварий во времени может указывать на изменение напряженно-деформированного состояния участка земной коры, на котором расположен Екатеринбург [2].

Одним из основных критериев при выборе места для полигона являлось близкое положение к жилому микрорайону “Ботанический” и, в частности, к территории предприятия “Ювелиры Урала”, где регулярно отмечаются аварии на подземных коммуникациях.

В структурном отношении данный жилой массив располагается в пределах центральной части субмеридионального Свердловского синклинория. Через западную часть массива (через район наибольшего сближения улиц Крестинского и 8 Марта) проходит восточная ветвь субмеридионального палеозойского Западно-Свердловского разлома. В этом районе и расположен полигон. Через восточную часть данного жилого массива (район сближения ул. Крестинского и Белинского) проходит западная ветвь субмеридионального палеозойского Восточно-Свердловского разлома.

По версии А.Н. Гуляева, современная геодинамическая активность этих структур может являться причиной аварий на линиях подземных коммуникаций в районе предприятия “Ювелиры Урала” и на восточной окраине жилого массива “Ботанический” [3].

В структурно-геоморфологическом плане данный жилой массив располагается в Ботанической (Черемшанской) денудационно-тектонической впадине, имеющей субширотное направление. Предполагается, что впадина могла развиться по относительно крупной реликтовой палеозойской зоне нарушения сплошности земной коры, имевшей характер зоны относительного субгоризонтального растяжения. Ширина этой структуры составляет приблизительно 0.5–1.0 км. Протяженность – порядка 1.5–2.0 км.

Данная структура является фрагментом (востоюго-восточной частью) более протяженной впадины, прослеживающейся далее на запад-северо-запад. Запад-северо-западное продолжение этой

впадины вмещает южную часть жилого массива "Юго-Западный" и поэтому для удобства описания может быть названа впадиной жилого массива "Юго-Западный". Ботаническая впадина отделяется от запад-северо-западной части этой впадины предполагаемыми зонами нарушения сплошности земной коры субмеридионального и северо-восточного (азимут около 30–35°) направления. При этом субмеридиональная предполагаемая зона нарушения сплошности земной коры соответствует зоне Западно-Свердловского разлома, выделенного в результате геологической съемки, выполненной подразделениями Уральского геологического управления в предыдущие годы. Предполагаемая зона геодинамического влияния этой структуры проходит в субмеридиональном направлении через район перекрестка Объездной автомобильной дороги и ул. Московской, далее осевая зона этой структуры продолжается на север через территорию Ботанического сада УрО РАН, пересекает ул. Островского и Авиационную в районе их пересечения с ул. Уктусской и Сурикова. В этом районе она проявлена в виде эрозионно-структурной депрессии. По этой структуре Ботаническая впадина выглядит смещенной в направлении на северо-восток по отношению к впадине жилого массива "Юго-Западный".

Ботаническая (Черемшанская) впадина с севера ограничена предполагаемой субширотной флексурно-разрывной зоной, проходящей через район автостанции "Южная" и ул. Шварца. Ось впадины проходит в субширотном направлении вдоль северной стороны ул. Шварца. Подобная зона может проходить и вдоль южной стороны ул. Шварца. В восточной половине этой структуры выявлена потенциально аварийная зона второй категории.

Впадина пересекается тремя предполагаемыми зонами нарушения сплошности земной коры, имеющими северо-западное (азимут около 310°) направление.

Одна из этих структур, проходящая через территорию предприятия "Ювелиры Урала" ограничивает данную впадину с юг-юго-запада. Не исключено, что с участком пересечения этой структуры с зоной Западно-Свердловского разлома может быть связан потенциально аварийный участок первой и второй категории вблизи и в районе северо-западного угла территории предприятия "Ювелиры Урала" (вблизи ул. 8 Марта).

Другой подобный потенциально аварийный участок первой категории, представляющий собой узел пересечения зоны Западно-Свердловского разлома с подобной структурой, проходящей через район перекрестка улиц Шварца и 8 Марта. Приблизительно в 1 км к юго-востоку на продолжении этой структуры в пределах нее (в районе перекрестка ул. Крестинского с Тбилисским бульваром) выделяется аварийный участок второй категории. Поэтому не исключено, что данная предполагаемая зона нарушения сплошности верхней части земной коры может проявлять тектоническую активность в настоящее время.

Третья предполагаемая зона нарушения сплошности верхней части земной коры, имеющая северо-западное направление пересекает жилой массив "Ботанический" по диагонали. С этой зоной связан аварийный участок первой категории в районе перекрестка ул. Родонитовой и Тбилисского бульвара.

Основанием фундаментов зданий данного жилого массива являются преимущественно скальные грунты, представленные вулканогенно-осадочными породами. В этих же грунтах проложены линии подземных коммуникаций, часть которых помещена в коммуникационные тоннели. Относительно повышенной подвижностью они обладают только в зонах нарушения сплошности [3].

В 2007 г. на геодинамическом полигоне начаты экспериментальные исследования возможности использования радонометрии для геодинамического районирования горного массива [4]. Идея эксперимента заключается в подтверждении соответствия распределения геодинамической активности по данным радонометрии и по результатам проведения высокоточных GPS-измерений современных цикличных короткопериодных геодинамических движений.

Для проведения эксперимента было выбрано нарушение с азимутом простирания 355–358°. В пределах геодинамического полигона, данное нарушение имеет протяженность порядка 200 м. В северной части этого нарушения в 2006 г. было зафиксировано максимальное в пределах полигона значение объемной активности радона равное 42.9 кБк/м^3. Часть нарушения проходит по открытому, свободному от деревьев и кустарников участку – так называемой "Золотой поляне", что позволяет проводить измерения параметров современной геодинамической активности с использованием технологий спутниковой геодезии GPS.

На первом этапе эксперимента в пределах участка "Золотая поляна" была выполнена эманационная радоновая съемка по 8 профильным линиям. Расстояние между точками измерения составляло 10 м. Расстояние между профильными линиями – 15 м. Всего было выполнено 75 измерений.

По данным радонометрических измерений была построена структурно-геодинамическая модель опытного участка "Золотая поляна" (рис. 1). Согласно модели, изучаемый массив имеет блоковое строение, определяемое двумя системами разрывных нарушений: 355–358° и 300–305°.

На основании проведенных радонометрических измерений выполнена оценка геодинамической ситуации на изучаемом участке. В целом значения объемной активности радона в почвенном воздухе изменяются здесь от 1.6 до 37.8 кБк/м^3,что свиде-

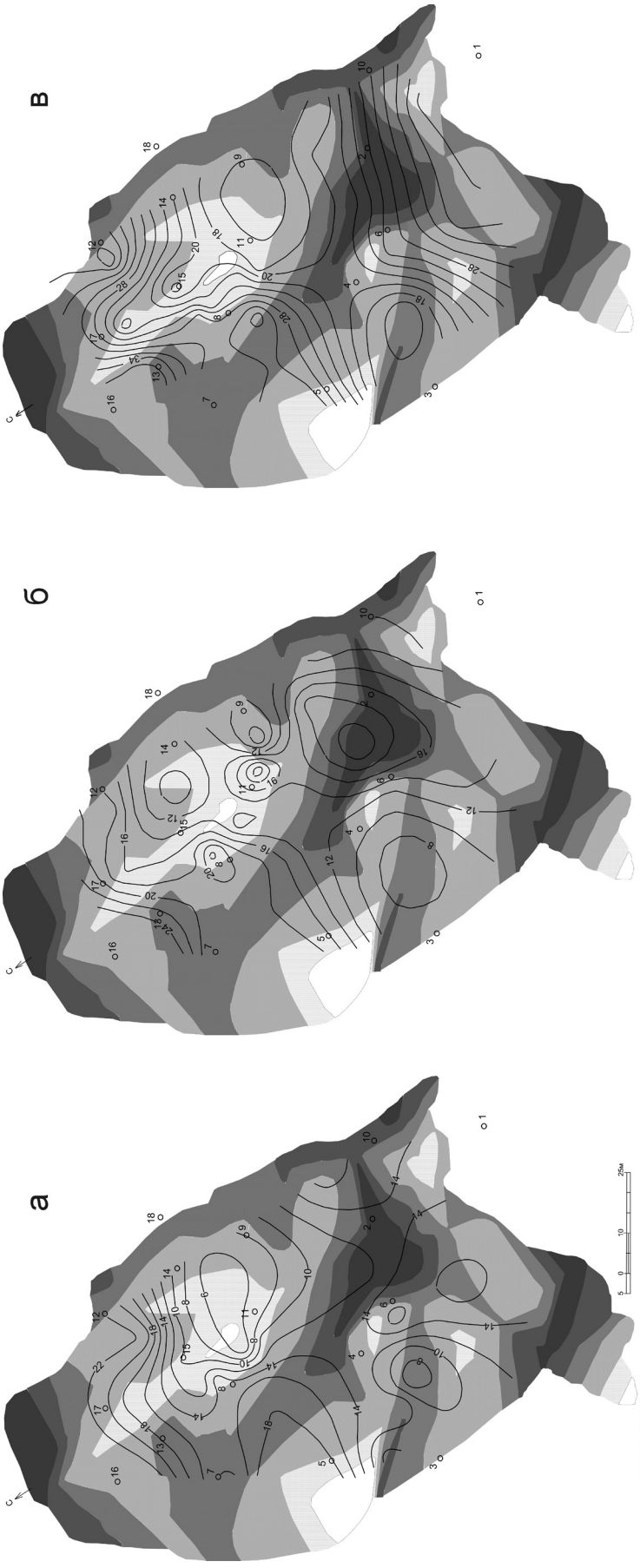

Рис. 1. Амплитуды геодинамических движений, совмещенных с данными радонометрии на участке "Золотая поляна". Изолинии короткопериодных движений: а – широтных горизонтальных, б – меридиональных горизонтальных, в – вертикальных.

тельствует о значительной дифференциации участка по степени современной геодинамической активности.

Геодинамическая ситуация на участке определяется наличием стабильного, выдержанного по внутреннему строению геоблока, занимающего, ориентировочно, половину площади и тектоническими, геодинамически активными разломными зонами, пересекающими участок в субмеридиональном и северо-западном направлении.

Северная кромка территории характеризуется повышенной геодинамической активностью. Здесь значения радоновых эманаций изменяются 15.3 до 30.5 кБк/м^3. В пределах изучаемого участка данное проявление геодинамической активности занимает площадь размером 40 × 13 м.

Южнее расположен геодинамически стабильный, консолидированный геоблок. В пределах геоблока значения радоновых эманаций изменяются от 3.9 до 14.8 кБк/м^3.

Данный геоблок имеет сложную, несколько вытянутую в меридиональном направлении форму. Размер блока 70 × 50 м. По величине значений радоновой эмиссии геоблок подразделяется на две зоны: центральную и периферийную. Центральная зона характеризуется значениями радоновой эмиссии от 3.9 до 9.8 кБк/м^3 и имеет размер 50 м в длину и 25 м в ширину. На востоке геоблок граничит с меридиональным разломом. Значения радоновой эмиссии здесь изменяются от 17 до 21 кБк/м^3.

Южнее геоблока наблюдается зона пересечения разломов. Здесь значения объемной активности радона в почвенном воздухе достигают 37.8 кБк/м^3, что должно соответствовать и наиболее значимым для участка величинам деформационного поля.

В северной части разломная зона субмеридионального простирания разделяется на два рукава геоблоком вытянутой формы. В пределах изучаемого участка он имеет размеры 45 м в длину и 20 м в ширину. Значения радоновых эманаций в срединной его части составляют 1.6 кБк/м^3.

Далее, в рамках эксперимента, на локальном сегменте участка "Золотая поляна" были произведены измерения параметров короткопериодной геодинамики с использованием технологии спутниковой геодезии GPS.

Методика выявления цикличных короткопериодных геодинамических движений разработана в Институте горного дела УрО РАН [10] и неоднократно применялась для диагностики состояния массива горных пород при решении различных задач, в том числе при выборе площадок под строительство ответственных объектов [8].

Расположение GPS-приемников на участке было определено на основе геодинамической модели, построенной по результатам радонометрии. На участке было проведено три серии измерений. Продолжительность серии, обусловленная наилучшим временем приема спутниковых сигналов, составила 4 часа. В каждой серии в одновременных измерениях использовалось 7 двухчастотных GPS-приемников фирмы *T*rimble Navigation (4000 SSE, 5800) и фирмы Carl Zeiss (GePoS RD 24).

Цикличные короткопериодные геодинамические движения характеризуются тремя компонентами – смещениями по осям координат север–юг, запад–восток и высоты. По результатам измерений следует, что самые значительные смещения по участку – вертикальные. Амплитуды вертикальных смещений достигают 34 мм при погрешности измерений от 3 до 5 мм. В горизонтальной плоскости более значимы меридиональные смещения, имеющие максимальные амплитуды 24 мм при погрешности измерений от 2 до 4 мм. Максимальные значения амплитуд широтных смещений составляют 22 мм при погрешности измерений 2–4 мм.

На рис. 1 представлено нанесение результатов GPS-измерений на геодинамическую модель по данным радонометрии. Наблюдается увеличение параметров геодинамической активности на участках разрывных нарушений, выделенных с использованием радонометрии.

В тоже время участок стабильного геоблока, характеризуется практически отсутствием геодинамической активности по данным GPS-измерений.

Анализ результатов экспериментальных исследований, выполненных на геодинамическом полигоне в г. Екатеринбурге, на территории Ботанического сада УрО РАН, позволяет сделать вывод, что поле радоновых эманаций над зоной подвижного тектонического нарушения формируется под влиянием современной геодинамической активности. Сопоставление результатов определения параметров поля радоновых эманаций с данными высокоточных инструментальных геодезических измерений параметров современной короткопериодной цикличной геодинамической активности говорит об их взаимосвязи. Следует учесть, что геодинамическая составляющая поля радоновых эманаций формируется не только короткопериодными подвижками, но всем спектром современных геодинамических движений.

Результаты геодинамической диагностики горного массива участка "Золотая поляна" объясняют причину регулярно повторяющихся порывов водопровода вблизи ювелирной фабрики. Место порывов расположено за границами участка исследований, но в пределах обследованной разломной зоны, южнее по ее простиранию [3].

Таким образом, сравнение геодинамической модели, построенной по данным радонометрии, и характера распределения параметров современной короткопериодной геодинамической активности по результатам высокоточных GPS-измерений, позволяют говорить о перспективности использования радонометрии для оценки современной геодинами-

ческой активности разломных структур – проведении геодинамического районирования.

Использование возможностей радонометрии в комплексе геодинамической диагностики для геодинамического районирования горного массива позволяет оптимизировать проведение исследований и повысить достоверность конечных результатов, направленных на обеспечение безопасности ответственных объектов недропользования [5].

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ, соглашение № 8348 и интеграционного проекта УрО РАН № 12-И-5-2050.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геология СССР. Том XII. Ч. I. Геологическое описание. Книга 2. М.: Недра, 1969. С. 304 с.
2. *Гуляев А.Н.* Екатеринбург. Сейсмогеодинамические условия на территории Екатеринбурга // Уральская горная школа – регионам: мат-лы Междунар. научно-промыш. симпоз. Екатеринбург: УГГУ, 2009. С. 147–150.
3. *Гуляев А.Н., Демина А.О., Дружинин В.С.* Отчет о НИР по теме: Составление схематической карты неблагоприятных (потенциально-аварийных) в инженерно-геологическом отношении участков геологической среды для линий подземных коммуникаций и сооружений территории МО г. Екатеринбург м-ба 1 : 25 000. Екатеринбург: Уралсейсмоцентр, 2006. 81 с.
4. *Далатказин Т.Ш.* Создание геодинамического полигона на территории г. Екатеринбурга // Горный информационно-аналитическиц бюллетень. 2008. № 1. С. 181–184
5. *Далатказин Т.Ш.* Использование радонометрии при изучении современной геодинамики на территориях, перекрытых мощным чехлом осадочных пород для решения задачи обеспечения безопасной эксплуатации объектов недропользования // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2011. № 7. С. 91–100.
6. *Зубков А.В.* Геомеханика и геотехнология // Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2001. 333 с.
7. *Кашубин С.Н., Дружинин В.С., Гуляев А.Н. и др.* Сейсмичность и сейсмическое районирование Уральского региона // Екатеринбург: УрО РАН, 2001. 124 с.
8. *Коновалова Ю.П.* Исследование цикличных короткопериодных геодинамических деформаций территории при выборе площадки под строительство атомных станций // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. № 7. С. 269–274.
9. *Кузовков Г.Н., Двоеглазов Д.А., Вагшаль Д.С.* Государственная геологическая карта СССР м-ба 1 : 200 000. Серия Среднеуральская Лист О-41-XXV. Объяснительная записка // Свердловск: Уралгеология, 1987. 170 с.
10. *Панжин А.А.* Исследование короткопериодных деформаций разломных зон верхней части земной коры с применением систем спутниковой геодезии // Маркшейдерия и недропользование. 2003. № 2(8). С. 43–54.
11. *Тагильцев С.Н.* Основы гидромеханики скальных массивов. Екатеринбург: УГГГА, 2003. 88 с.

Рецензент А.К. Троянов

Experimental researches of using radon concentration measurements for district's geodynamic dividing

T. Sh. Dalatkazin, Y. P. Konovalova, V. I. Rouchkin

Mining Institute, Urals Branch of RAS

The conformity of massif geodynamic model based on radon concentration measurements to the model based on geodesic measurements are presented in the paper. The received results allow to use radon concentration measurements for district's geodynamic dividing.

Key words*: geodynamic diagnostics, massif, faults, radon.*