

УДК 622.833:550.3

Далатказин Тимур Шавкатович

кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
лаборатории сдвижения горных пород,
Институт горного дела УрО РАН,
620075 г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: 9043846175@mail.ru

Коновалова Юлия Павловна

научный сотрудник
лаборатории сдвижения горных пород,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: lisjul@mail.ru

Ручкин Владимир Игоревич

научный сотрудник
лаборатории сдвижения горных пород,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: ruchkin.vi@yandex.ru

МОНИТОРИНГ ПОЛЯ РАДОНОВЫХ ЭМАНАЦИЙ В ЗОНЕ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ*

Аннотация:

Представлены результаты режимных наблюдений за полем радона при исследовании подработанного участка горного массива над Южной залежью Песчанской группы железорудных месторождений, охваченного процессом сдвижения. Геодинамическая активность участвует в формировании поля радоновых эманаций. При обработке результатов радонометрических исследований для устранения влияния нетектонических факторов на формирование поля радона использован метод нормирования значений объемной активности радона в почвенном воздухе. Полученные данные изменения объемной активности радона подтверждаются результатами маркишейдерско-геодезических измерений. Наблюдения показали резкую дифференциацию эманационного поля в зоне сдвижения. Эманационное поле характеризуется высокой контрастностью и отражает геодинамическую структуру горного массива. Выявлена значительная трансформация напряженно-деформационного поля за период наблюдений. Изучение эманационного поля во времени позволяет проследить эволюцию процесса сдвижения горных пород в зоне техногенного воздействия горных работ.

Ключевые слова: массив горных пород, рудное тело, тектоническое нарушение, радон, геодинамическая диагностика, геодинамические движения, сдвижение горных пород, напряженно-деформированное состояние

DOI: 10.18454/2313-1586.2016.04.097

Dalatkazin Timur Sh.

candidate of technical sciences,
senior researcher
of the laboratory of rocks' displacement,
The Institute of Mining UB RAS,
620075, Yekaterinburg,
58 Mamin-Sibiryak st.
e-mail: 9043846175@mail.ru

Konovlova Yuliya P.

researcher
of the laboratory of rocks' displacement,
The Institute of Mining UB RAS
e-mail: lisjul@mail.ru

Ruchkin Vladimir I.

researcher
of the laboratory of rocks' displacement,
The Institute of Mining UB RAS
e-mail: ruchkin.vi@yandex.ru

MONITORING RADON EMANATIONS FIELD IN THE ZONE OF TECHNOGENOUS IMPACT

Abstract:

The results of regime surveys over the radon field on the undermined rock mass over Southern deposit of Peschansky group iron ore fields captured by displacement process are presented. Geodynamic activity forms the field of radon emanations. When processing the radon researches results for not tectonic factors elimination on radon field formation the method of rationing radon volume activity values in ground air is used. The received changes of radon volume activity are confirmed by geodetic measurements. Observations have shown sharp differentiation of the emanating field in a displacement zone. The emanating field is characterized by high contrast and reflects rock mass geodynamic structure. Considerable transformation of stressed-deformed field during surveys is revealed. The emanating field studying in time allows to track evolution of rocks displacement in the zone of technogenous impact of mining operations.

Key words: rock mass, ore body, tectonic fault, radon, geodynamic diagnostics, geodynamic movements, rocks displacement, stressed- deformed state.

* Работа выполнена при поддержке комплексной программы УрО РАН (грант 15-10-5-12)

Согласно современным научным представлениям, геодинамическая активность участвует в формировании поля радоновых эманаций. Основными геодинамическими факторами формирования поля радоновых эманаций являются:

- изменение трещинно-порового пространства вследствие изменения поля напряжений в горном массиве. Происходит формирование зон разуплотнения и сжатия пород. При этом возникают новые трещины, подновляются и расширяются уже существующие, либо происходит смыкание трещин, снижается объем порового пространства. Изменяющаяся при этом проницаемость отражается в поле радоновых эманаций;
- в результате вибровоздействия на горные породы, вызываемого полем напряжений в массиве, активизируется процесс десорбции радона [1, 2, 3, 4].

Таким образом, интенсивность выделения радона зависит от интенсивности современной геодинамической активности. Это позволяет использовать поле радоновых эманаций для обнаружения подвижных разрывных нарушений, оконтуривания и картирования зон сосредоточения деформации, районирования зоны по степени современной геодинамической активности, отслеживать изменения напряженного состояния массива.

В процессе интенсивного техногенного воздействия в виде горно-проходческих работ массив испытывает более активное, быстро изменяющееся во времени, чем в естественных условиях, поле напряжений. Мониторинг геодинамического состояния массива горных пород в зоне сдвижения с одновременным использованием геодезических методов и радонометрии позволяет выявить закономерности формирования и трансформации во времени поля радоновых эманаций, его связи с напряженно-деформированным состоянием массива горных пород, что представляет научный и практический интерес [5]. В качестве полигона для подобного исследования авторами работы был выбран участок земной поверхности над отрабатываемой Южной залежью Песчанской группы месторождений, где на протяжении ряда лет происходит аномальный процесс сдвижения горных пород, который контролируется маркшейдерско-геодезическими методами. Быстротекущий характер трансформации напряженно-деформационного поля послужил основным критерием выбора для исследования именно этого участка.

Использование радонометрии в зоне интенсивного техногенного воздействия заключается в выполнении периодических эманационных съемок исследуемой территории. Мониторинг поля радоновых эманаций позволяет проследить изменения геодинамической ситуации во времени [6].

Измерения объемной активности радона (Бк/м^3) в почвенном воздухе выполняются сцинтилляционными радиометрами альфа-активных газов по сети профильных линий. Для измерений в работе использовался радиометр альфа-активных газов РГА – 500. Для РГА – 500 предел допустимой основной относительной погрешности измерения объемной активности радона в диапазоне от 3×10^2 до 1×10^4 Бк/м^3 не превышает 30 %, в диапазоне измерений от 1×10^4 Бк/м^3 до 1×10^6 Бк/м^3 не превышает 15 %.

Профильные линии задаются по направлению развития мульды сдвижения. При этом учитываются имеющиеся геологические, геодезические, гидрогеологические материалы и данные других геофизических методов.

Деформационное поле в пределах сдвиговых участков характеризуется, как правило, резкой дифференциацией значений, наличием линейных аномалий шириной 5 - 10 м и более. Это четко отражается в поле радоновых эманаций. Поэтому расстояние между профильными линиями задается 10 – 50 м, расстояние между точками измерения 2 – 10 м.

Для устранения влияния нетектонических факторов (площадная дифференциация по диффузионным свойствам покровных отложений, по вещественному составу горных пород, изменения уровня грунтовых вод во времени и т. п.) при геодинамическом районировании с использованием радонометрии применяется метод нормирования значений объемной активности радона в почвенном воздухе. Группирование осуществляется по

площадному и по временному факторам. Для этого рассчитываются нормированные значения объемной активности радона для каждой точки измерения:

$$N_i = Q_i / Q_{\text{ср.}},$$

где N_i – нормированная объемная активность радона (нормированная ОАР) i -точки измерения, безразмерная величина;

Q_i – значение объемной активности радона в почвенном воздухе точки измерения на профильной линии (Бк/м³);

$Q_{\text{ср.}}$ – среднеарифметическое значение объемной активности радона в почвенном воздухе по выделенному по нетектоническому фактору участку (Бк/м³) [7].

Нормирование позволяет отразить геодинамическую составляющую формирования поля радона.

По результатам измерений для каждой серии методом интерполирования строится модель геодинамического районирования исследуемого участка. Точность построений определяется допустимой погрешностью измерений для радиометра РГА – 500.

Участок исследования над Южной залежью шахты «Северопесчанская» находится в зоне высокого уровня техногенного воздействия на горный массив – между двумя зонами обрушения от шахт «Северопесчанская» и «Новая» в г. Краснотурьинск Свердловской области, в непосредственной близости от карьера ЗАО «Золото Северного Урала» и отвала этого карьера. Уже на начальном этапе отработки всего лишь одного рудного тела № 1 Южной залежи в 2009 – 2010 гг. было зафиксировано аномальное проявление процесса сдвижения. Вопреки предварительным расчетам, показавшим устойчивость поверхности при отработке всей Южной залежи, уже на стадии отработки на глубине более четырехсот метров четырех секций камеры № 1 площадью 3150 м² и объемом 271000 м³ произошло обрушение поверхности в районе автодороги Краснотурьинск – Воронцовск. По прогнозным оценкам расчетная высота обрушения, согласно принятым нормативным параметрам, не должна была превысить 120 м.

Уже после выхода воронки обрушения на поверхность в декабре 2010 г. была оборудована наблюдательная станция для мониторинга маркшейдерско-геодезическими методами процесса сдвижения. Схема станции, состоящей из двух профильных линий и ряда реперов для спутниковых наблюдений, располагающихся в расчетных границах мульды сдвижения и за ее пределами, представлена на рис. 1. До 2014 г. маркшейдерско-геодезические наблюдения проводились с периодичностью 2 раза в год, затем – один раз в год. Результаты наблюдений были опубликованы в статьях [8, 9]. Анализ ситуации и результатов наблюдений позволил выдвинуть предположение, что первоисточником аномального развития процесса сдвижения от разработки Южной залежи выступают современные геодинамические движения. Вызванное движениями явление вторичного структурирования иерархически блочного массива приводит к формированию зон концентрации и депрессии тектонических напряжений, выступающих в роли очагов катастрофических процессов [10].

Ввиду того что процесс сдвижения распространился преимущественно в юго-западном направлении, то и режимные наблюдения за полем радона были организованы здесь же, а именно на участке профильной линии I от $Rp19$ до $Rp25$ (см. рис. 1). С 2013 года было выполнено 3 серии наблюдений значений объемной активности радона в почвенном воздухе Q (кБк/м³) – в июне 2013 г., в октябре 2013 г. и в июне 2015 г. Результаты измерений представлены на рис. 2.

Радонометрические измерения выполнялись по двум профильным линиям I и II, расстояние между которыми составляет 40 м. Расстояние между точками измерения 6 - 10 м (рис. 2).

По данным радонометрии в целом по участку исследований значения концентрации радона в почвенном воздухе изменяются от 0,7 кБк/м³ до 20,4 кБк/м³. Картина поля

радоновых эманацій отражает блочную структуру исследуемого горного массива, с четким выделением геодинамически активных зон. Результаты радонометрии подтверждают представления о тектонической структуре изучаемого массива: основные тектонические нарушения имеют субширотное простирание.

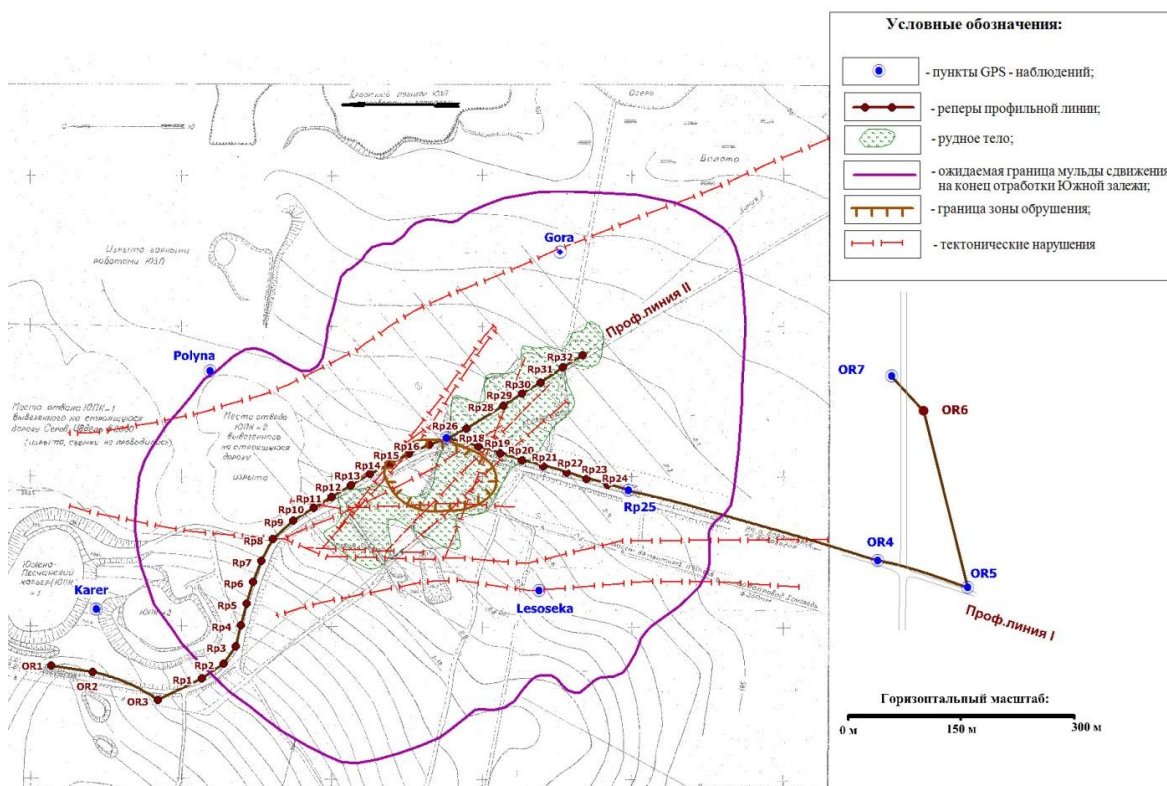


Рис. 1 – Схема наблюдательной станции для мониторинга маркшейдерско-геодезическими методами процесса сдвижения от отработки Южной залежи шахты «Северопесчанская»

Сопоставление результатов трех серий режимных радонометрических измерений (см. рис. 2) свидетельствует о значительных эволюционных изменениях деформационного поля изучаемого массива за периоды между сериями. Наблюдается «затухание» аномалий, выявленных в I серии, и формирование новых. Так, например, между первой и второй сериями в интервале $Rp19 - Rp24$ произошло снижение нормированных значений объемной активности радона, что, вероятно, свидетельствует о снижении растягивающих напряжений. Этот вывод подтверждается данными маркшейдерско-геодезического мониторинга вдоль профильных линий. На рис. 3 представлен график горизонтальных деформаций в интервале $Rp19 - Rp25$, на котором видно снижение уровня растягивающих деформаций (синяя пунктирная линия) между первой и второй сериями радонометрических наблюдений. Однако во второй серии наметилась зона повышенных концентраций около $Rp25$, которая по данным геодезических измерений впоследствии переместилась в сторону репера OR4. В период между второй и третьей сериями в поле радоновых эманацій отражается чередование зон сжатия и растяжения, при этом повышенные концентрации радона проявились в интервале $Rp21 - Rp23$, что соответствует области повышенных значений растягивающих деформаций на этом же участке на рис. 3 (красная линия). Следует отметить, что проявление повышенных концентраций радона в этом интервале имело место в первой и третьей сериях и отсутствовало во второй серии, что указывает на цикличность происходящих геодинамических процессов в зоне сдвижения массива горных пород.

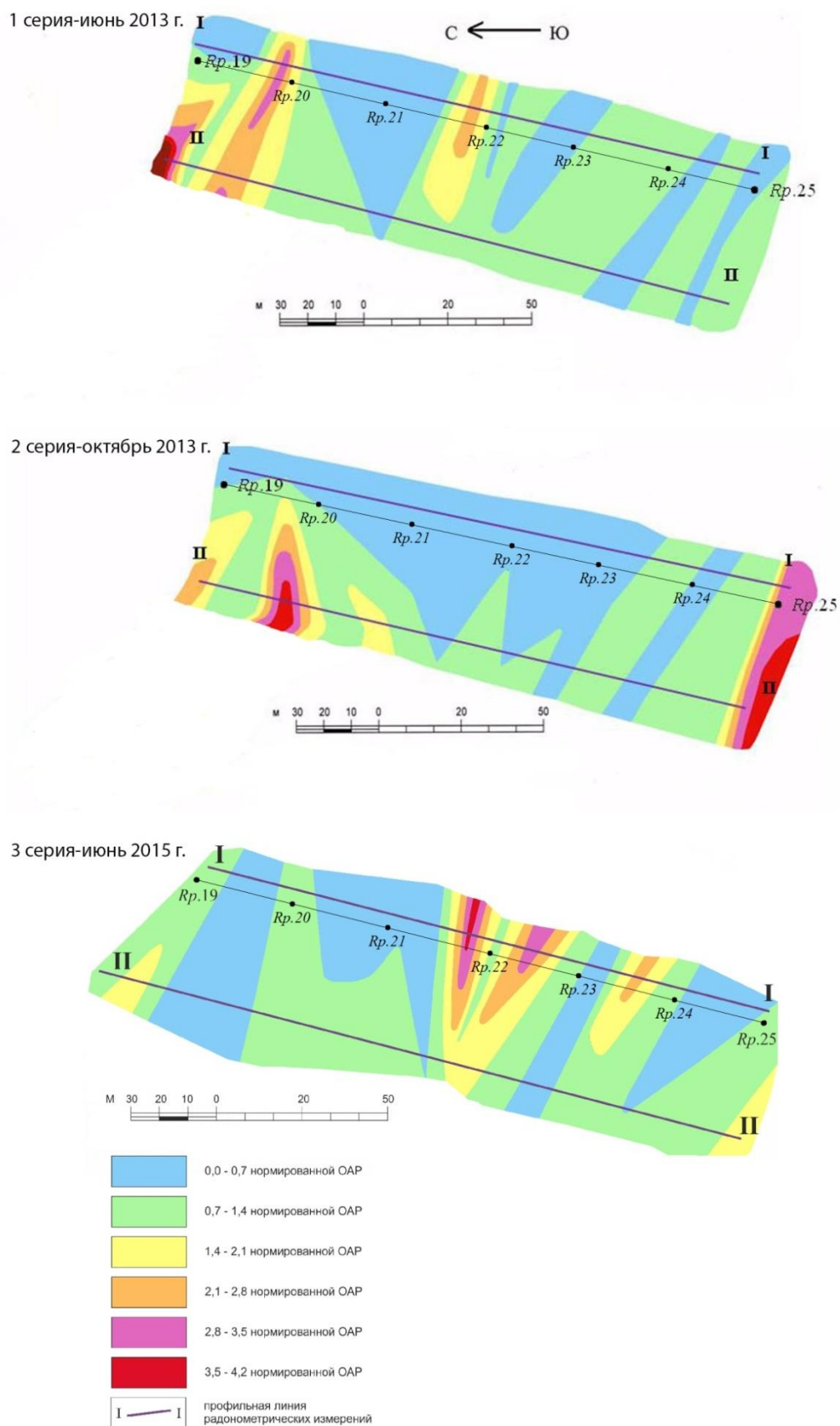


Рис. 2 – Результаты трех серий режимных наблюдений поля радона в зоне подземной разработки Южной залежи

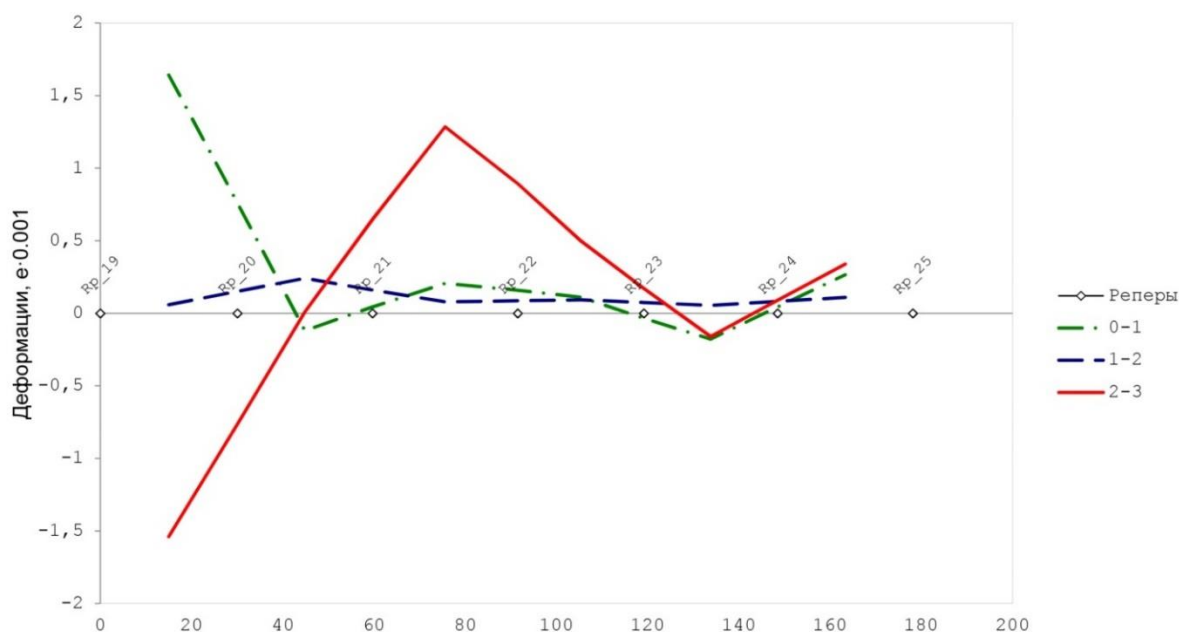


Рис. 3 – График горизонтальных деформаций на участке профильной линии I за периоды, соответствующие трем сериям режимных наблюдений поля радона

Выводы

Мониторинг поля радоновых эманацй в зоне сдвижения поверхности над отрабатываемой Южной залежью Песчанской группы месторождений показал, что получаемые в ходе исследований изменения параметров поля радоновых эманацй адекватно отражают трансформацию напряженно-деформированного состояния массива, что подтверждается маркшейдерскими наблюдениями. При этом радонометрический метод позволяет с более высокой степенью детальности в сравнении с геодезическими измерениями выявить зоны сосредоточения деформаций в зоне сдвижения.

Накопление, обобщение и анализ эмпирических данных об изменении параметров поля радоновых эманацй горного массива, охваченного процессом сдвижения, позволят усовершенствовать методику его геодинамической диагностики.

Литература

1. Новые методы изучения современной геодинамики активизированных областей / Б.С. Панов и др. // Советская геология. – 1981. – № 1. – С. 69 – 75.
2. Горбушина Л.В. Эманационный метод индикации геодинамических процессов при инженерно-геологических изысканиях / Л.В. Горбушина, Ю.С. Рябоштан // Советская геология. – 1975. – № 4. – С. 106 – 112.
3. Уткин В.И. Выделение радона из горных пород при воздействии на них упругих колебаний различного диапазона / В.И. Уткин, А.К. Юрков, И.А. Козлова // Геофизика XXI столетия: сб. трудов Девярых геофизических чтений им. В.В. Федынского. – Тверь: ГЕРС, 2008. – С. 317 – 320.
4. Козлова И.А. Изменение объемной активности почвенного радона в верхней части геологического разреза при проведении промышленных карьерных взрывов / И.А. Козлова, Г.И. Парыгин, А.К. Юрков // Изв. вузов. Горный журнал. – 2015. – № 7. – С. 110 – 115.
5. Ульянов В.Ю. Организация и методика проведения мониторинга радона на площадках АЭС в асейсмичных регионах / В.Ю. Ульянов // Проблемы недропользования [Электронный ресурс]: рецензируемое сетевое периодическое научное издание / ИГД УрО РАН. – 2015. – №1(4). – С. 103 – 107. – Режим доступа: [//trud.igdur.ru](http://trud.igdur.ru).

6. Далатказин Т.Ш. Использование режимных наблюдений за полем радоновых эманаций в зоне техногенного воздействия при отработке южной залежи Песчанской группы месторождений / Т.Ш. Далатказин // Изв. вузов. Горный журнал. – 2015. - № 2. - С. 162 – 167.

7. Далатказин Т.Ш. Использование нормированных значений объемной активности радона при структурно-геодинамической диагностике горного массива для решения задачи обеспечения безопасности объектов недропользования / Т.Ш. Далатказин // Проектирование, строительство и эксплуатация комплексов подземных сооружений: труды Второй междунар. конф. (22 - 24 мая 2007 г.). - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. - С. 158 – 162.

8. Ручкин В.И. Сдвигение горных пород при отработке Южной залежи Песчанской группы месторождений / В.И. Ручкин // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2011. - ОВ № 11 - С. 207 – 212.

9. Ручкин В.И. Изменение напряженно-деформированного состояния геологической среды под воздействием комплекса естественных и техногенных геодинамических факторов на горнодобывающих предприятиях / В.И. Ручкин, Ю.П. Коновалова // Проблемы недропользования [Электронный ресурс]: рецензируемое сетевое периодическое научное издание / ИГД УрО РАН. - 2015. - №1 (4). - С. 32 - 37. – Режим доступа: [//trud.igduran.ru](http://trud.igduran.ru).

10. Сашурин А.Д. Формирование напряженно-деформированного состояния иерархически блочного массива горных пород / А.Д. Сашурин // Проблемы недропользования [Электронный ресурс]: рецензируемое сетевое периодическое научное издание / ИГД УрО РАН. - 2015.- №1 (4). - С. 38 - 44. - Режим доступа: [//trud.igduran.ru](http://trud.igduran.ru).