

УДК 622.83:550.3

**Далатказин Тимур Шавкатович,**  
кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник  
лаборатории сдвижения горных пород, Инсти-  
тут горного дела УрО РАН,  
620075, г. Екатеринбург,  
ул. Мамина - Сибиряка, 58,  
e-mail: [9043846175@mail.ru](mailto:9043846175@mail.ru)

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЛЯ РАДОНОВЫХ  
ЭМАНАЦИЙ В ЗОНЕ ТЕХНОГЕННОГО  
ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОРНЫХ РАБОТ ПРИ  
ОТРАБОТКЕ ЮЖНОЙ ЗАЛЕЖИ ПЕС-  
ЧАНСКОЙ ГРУППЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ\***

*Аннотация:*

*Представлены результаты исследований горного массива подработанной территории, охваченного процессом сдвижения, с использованием режимных наблюдений за полем радона. Исследования показали эффективность радонометрии. Поле радоновых эманаций отражает геодинамическую структуру горного массива. Наблюдения эманационного поля во времени позволяют изучать процесс сдвижения горных пород и прогнозировать тенденции его развития.*

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

**Dalatkazin Timur S.**  
Candidate of technical sciences,  
senior researcher of the laboratory  
of rocks' displacement,  
the Institute of mining UB RAS  
620075, Yekaterinburg,  
Mamin Sibiryak st., 58  
e-mail: [9043846175@mail.ru](mailto:9043846175@mail.ru)

**A FIELD OF RADONIC EMANATIONS  
TRANSFORMATION IN THE ZONE  
OF TECHNOGENIC IMPACT OF MINING  
OPERATIONS DURING MINING  
THE SOUTHERN DEPOSIT  
OF SEVEROPECHANSKAYA MINE**

*Abstract:*

*Results of rock mass researches of underworked territory involved by displacement process employing the regime observation over a radon field are presented. The investigations showed the efficiency of radon concentration measurements. The field of radon emanations reflects rock mass geo-dynamic structure. Observations over the field of emanation on a time basis allow both to study rocks' displacement process and predict tendencies of its progress.*

*Key words:* radon, geo-dynamic diagnostics, rock mass, fault violation, displacement process

Целью исследований массива горных пород, охваченных процессом сдвижения в зоне техногенного воздействия, является выявление зон сосредоточения деформаций, определение количественных параметров геодинамического процесса и прогнозирование его дальнейшего развития. При решении этих задач интересно комплексирование геодезических методов с радонометрическими исследованиями.

Согласно современным научным представлениям, геодинамическая активность является одним из факторов формирования поля радоновых

эманаций. Основными геодинамическими факторами формирования поля радоновых эманаций являются

– разрыхление и разуплотнение горных пород, образование новых трещин, подновление и расширение уже существующих за счет современной геодинамической активности;

– вибровоздействие на горные породы, вызванное полем напряжений в массиве, которое активизирует процесс эманирования радона из них.

Таким образом, интенсивность выделения радона зависит от степени современной геодинамической активности. Это позволяет использовать распределение параметров поля радоновых эманаций для выявления подвижных разрывных нарушений, районирования горного массива по степени современной геодинамической активности.

\* Работа выполнена при поддержке по интеграционному проекту УрО РАН № 12 – И – 5 – 2050

Сопоставление результатов периодических эманационных съемок территории, выполняемых по одной системе профильных линий, позволяет проследить и спрогнозировать изменения геодинамической ситуации во времени.

Для устранения влияния нетектонических факторов (площадной дифференциации по диффузионным свойствам покровных отложений, по вещественному составу горных пород; изменения уровня грунтовых вод во времени и т.п.) при обработке результатов радонометрических исследований в геодинамической диагностике применяется метод нормирования значений объемной активности радона в почвенном воздухе. Группирование осуществляется по площадному и временному факторам. Для этого рассчитываются нормированные значения объемной активности радона для каждой точки измерения. Нормирование позволяет отразить геодинамическую составляющую формирования поля радона:

$$N_i = Q_i / Q_{\text{ср.}}$$

где  $Q_i$  – значение объемной активности радона в почвенном воздухе в точке измерения на профильной линии, Бк/м<sup>3</sup>;

$Q_{\text{ср}}$  – среднеарифметическое значение объемной активности радона в почвенном воздухе по выделенному по нетектоническому фактору участку, Бк/м<sup>3</sup>;

$N_i$  – нормированная объемная активность радона в точке измерения  $i$  (безразмерная величина) [1].

Южная залежь Песчанской группы месторождений отрабатывается подземным способом (шахта «Северопесчанская») с середины 2009 г. На поверхности над рудным телом № 1 Южной залежи проходит асфальтированная автодорога и водопровод диаметром 250 мм. В конце сентября 2010 г. на автодороге были зафиксированы паутинообразные трещины, а 28 сентября на поверхность вышла воронка обрушения диаметром 50 м и глубиной 15 м [2]. В дальнейшем воронка и окружающая ее зона сдвижения разрастались (рис. 1).



Рис. 1 – Юго-западное направление зоны обрушения и зоны трещин по состоянию на ноябрь 2013 г.

В зоне сдвижения и на прилегающей к ней территории над Южной залежью создана геодезическая наблюдательная станция, используя которую ИГД УрО РАН выполняет периодические наблюдения за земной поверхностью [3].

В 2013 г. с целью районирования горного массива по степени современной геодинамической активности, прогнозирования дальнейшего развития процесса сдвижения, на изучаемой территории были выполнены радонометрические исследования. В ходе исследований выполнено две серии наблюдений: первая серия измерений 11 – 13 июня 2013 г., вторая – 01 октября 2013 г.

Измерения выполнялись по двум профильным линиям в интервале  $Rp. 19 - Rp. 25$  (178 м) и на локальном участке «Поляна», имеющем размеры  $40 \times 20$  м. Расстояние между профильными линиями I и II составляет 40 м. Расстояние между точками измерения 6 – 10 м. В каждой серии выполнено по 54 измерения объемной активности радона в почвенном воздухе (кБк/м<sup>3</sup>). В период между сериями могли измениться параметры нетектонических факторов формирования поля радоновых эманаций, поэтому построения карт геодинамического районирования выполнены в нормированных значениях объемной активности радона.

Распределение параметров поля радоновых эманаций соответствует представлениям о тектонической структуре изучаемого массива: выявленные тектонические нарушения имеют субширотное простирание.

В целом по участку значения концентрации радона в почвенном воздухе изменяются от 0,4 до 59,5 кБк/м<sup>3</sup> в первой серии измерений и от 0,4 до 71,4 кБк/м<sup>3</sup> во второй серии, что свидетельствует о высокой степени современной геодинамической активности – в соответствии с близким расположением к продолжающему формироваться провалу.

Картина поля радоновых эманаций отражает блочную структуру исследуемого горного массива (рис. 2, 3).

Сопоставление результатов первой и второй серий режимных радонометрических измерений (рис. 2, 3, 4, 5) свидетельствует о значительных эволюционных изменениях деформационного поля изучаемого массива за период между сериями. Наблюдается «затухание» аномалий, выявленных в первой серии и формирование новых – зафиксированных по результатам второй серии измерений. Так, в районе  $Rp. 25$  на удалении примерно 200 м от кромки провала, по данным второй серии измерений, выявлена вновь сформировавшаяся аномальная зона субширотного простирания. Появление данной аномалии поля радона четко фиксируется на I и II профильных линиях во второй серии наблюдений, *но не подтверждается результатами маркшейдерских измерений*. В данном случае необходимо отметить, что поле радона чутко откликается даже на сравнительно слабые техногенные нагрузки, особенно динамические. Чувствительность метода эманационной съемки настолько высока, что позволяет зафиксировать изменения напряженно-деформированного состояния массива горных пород задолго до возникновения регистрируемых маркшейдерскими наблюдениями смещений дневной поверхности [4]. Возможной причиной формирования аномалии радона в районе  $Rp. 25$  является локальное воздействие современной циклической короткопериодной геодинамической активности на горный массив [5, 6].

В интервале  $Rp. 19 - Rp. 24$  за период между сериями наблюдается снижение нормированных параметров поля радона, что свидетельствует об ослаблении растягивающих горизонтальных напряжений. Данный факт подтверждается результатами маркшейдерских наблюдений.

Участок режимных радонометрических исследований «Поляна» расположен на юго-западном краю зоны обрушения. Здесь расположено 13 точек режимных измерений объемной активности радона. Сравнение результатов первой и второй серий измерений (см. рис. 2, 3) показывает, что за период с 11.07.2013 по 01.10.2013 на данном участке произошли значительные изменения в распределении параметров поля напря-



жений. На основании анализа радонометрических наблюдений здесь в ближайшее время прогнозируется резкая активизация процесса сдвижения [7, 8, 9].

Анализ результатов мониторинга поля радоновых эманацй в зоне влияния горных работ выявил значительную трансформацию напряженно-деформационного поля за период наблюдений. Ожидается расширение зоны обрушения в юго-западной ее части и расширение зоны сдвижения в юго-западном направлении – в направлении автодороги федерального значения.

Эманационное поле в зоне сдвижения резко дифференцировано, характеризуется высокой контрастностью и отражает геодинамическую структуру горного массива. Наблюдения эманационного поля во времени показали высокую изменчивость напряженно-деформационного поля, позволили спрогнозировать дальнейшие тенденции развития процесса сдвижения.

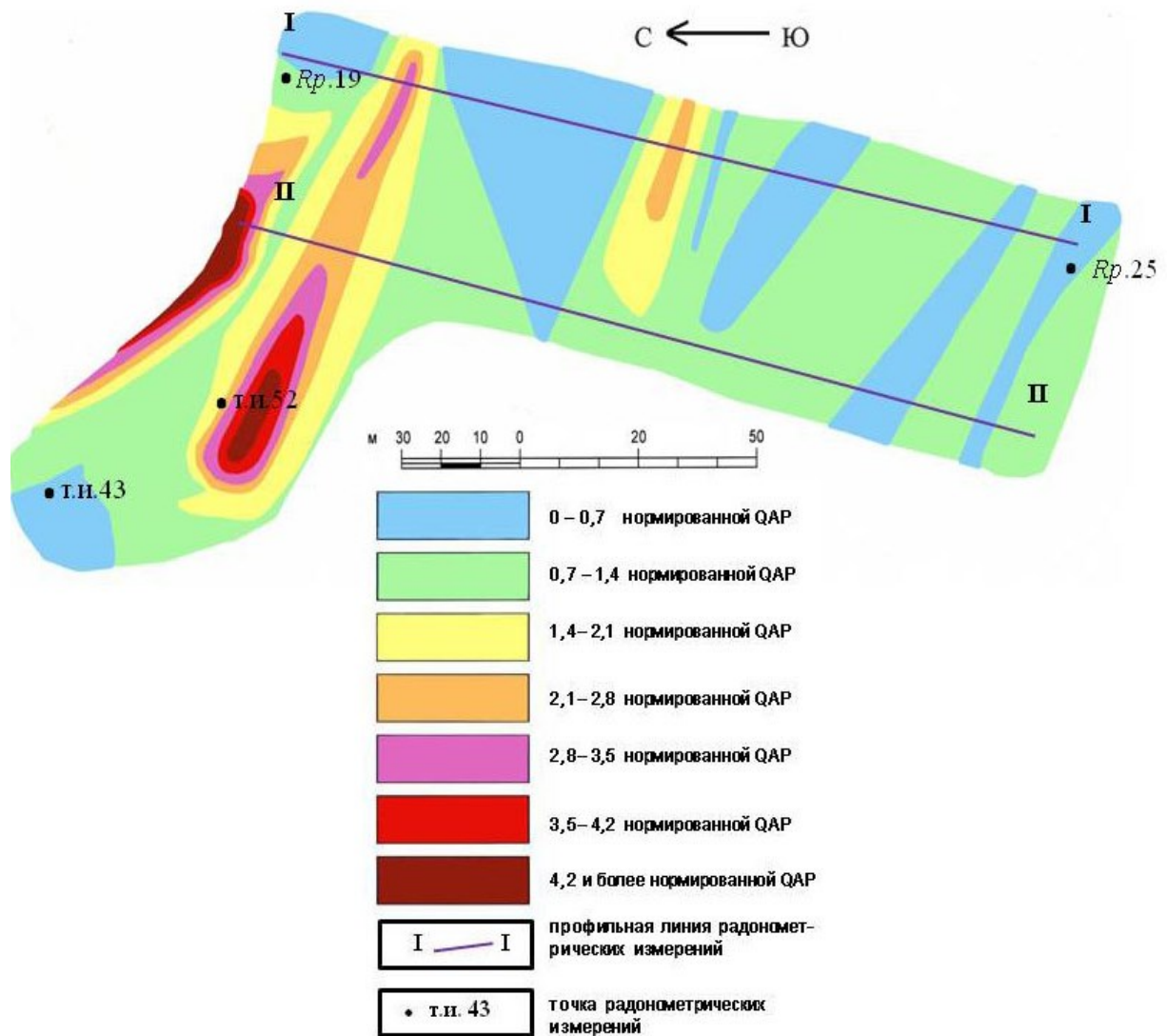


Рис. 2 – Результаты I серии режимных наблюдений поля радона в зоне действия подземных работ шахты «Северопесчанская» на 11.07.2013

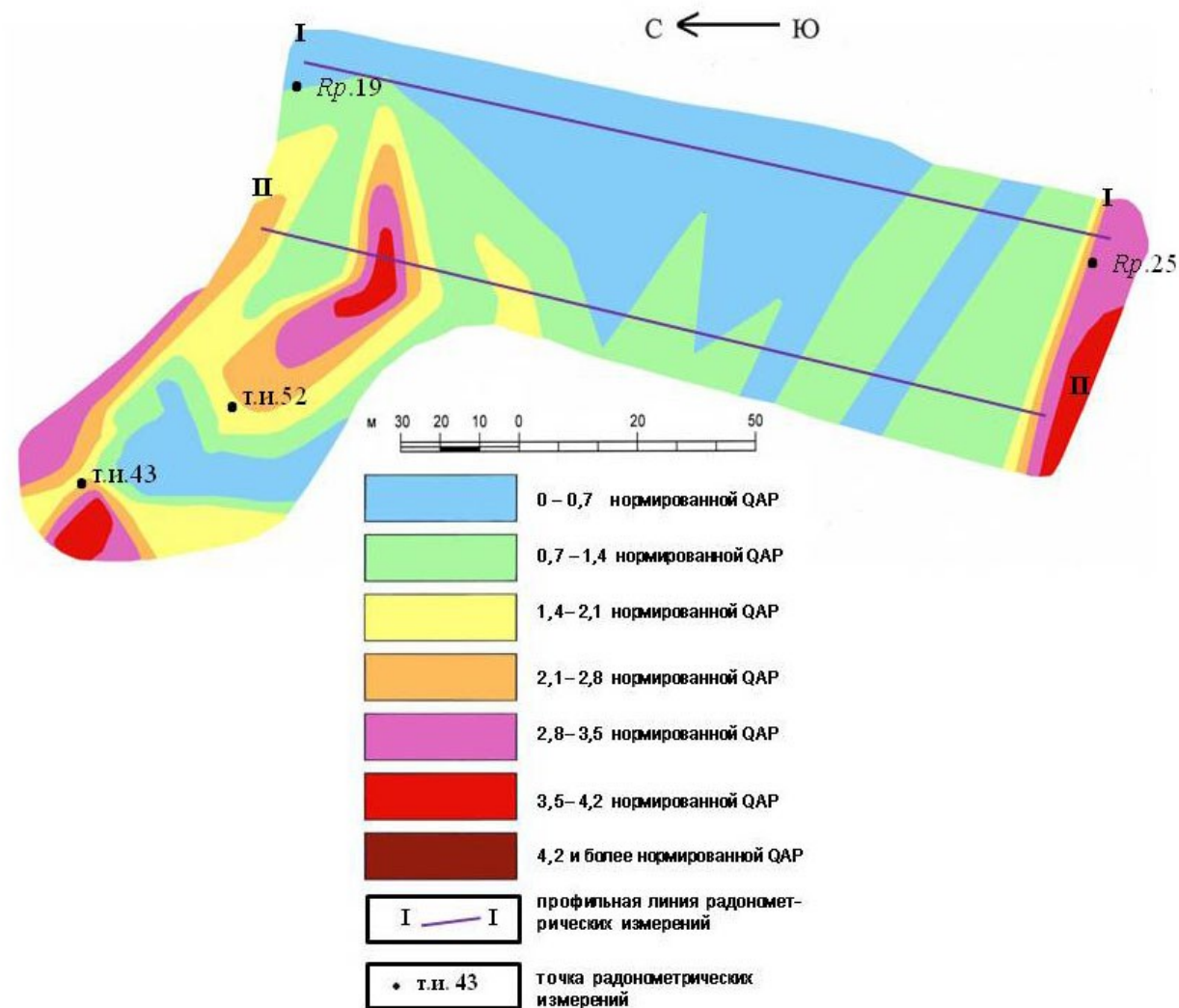


Рис. 3 – Результаты II серии режимных наблюдений поля радона в зоне действия подземных работ шахты «Северопесчанская» на 01.10.2013

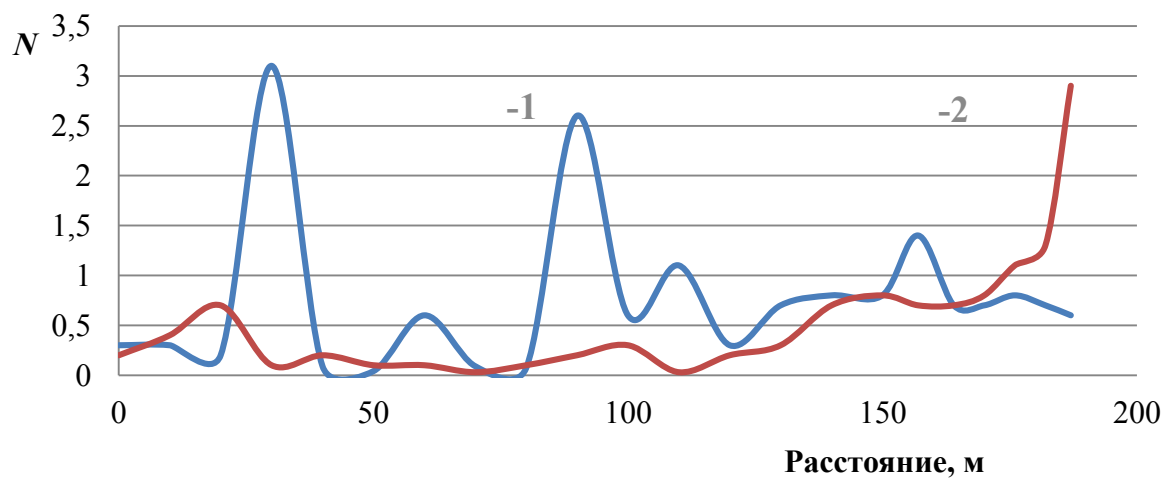


Рис. 4 – распределение нормированных значений объемной активности радона по профилю I–I в 1 и 2 сериях режимных наблюдений

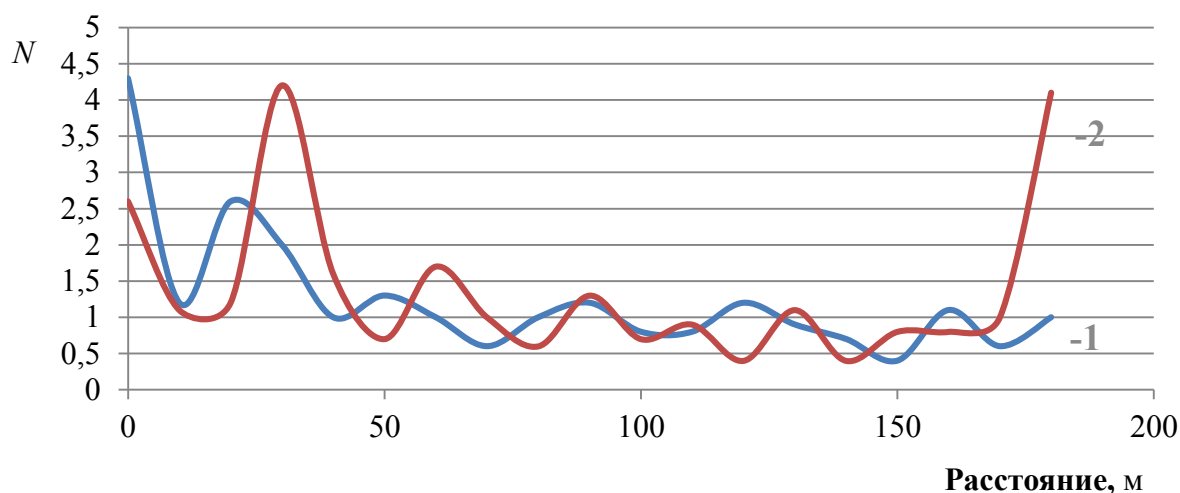


Рис. 5 – распределение нормированных значений объемной активности радона по профилю П – П в 1 и 2 сериях режимных наблюдений

В целом результаты выполненных исследований в зоне техногенного воздействия подземных горных работ при отработке Южной залежи Песчанской группы месторождений показали высокую информативность эманационной съемки при инженерно-геологическом изучении подработанных территорий. Особо следует отметить:

- оперативность метода: серийное приборное оборудование позволяет дифференцировать изучаемый участок по интенсивности современной геодинамической активности непосредственно на участке исследований в процессе измерений;
- поле радона надразломных участков отражает интенсивность всего спектра современной геодинамической активности;
- помехоустойчивость метода (весьма актуально при использовании на урбанизированных территориях).

### Литература

1. 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 2-ой Международ. конф. 22 – 24 мая 2007 г. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2007. – С. 158 – 162.
2. Ручкин В.И. Сдвигение горных пород при отработке Южной рудной залежи Песчанской группы месторождений / В.И. Ручкин // Горный информационно - аналитический бюллетень. – ОВ № 11. – 2011. – С. 207 – 212.
3. Сашурин А.Д. Геодинамический фактор в формировании депрессионно-деструктивных областей в массиве горных пород / А.Д. Сашурин, С.В. Усанов, В.В. Мельник, В.И. Ручкин // Нелинейные геомеханико-геодинамические процессы при отработке месторождений полезных ископаемых на больших глубинах: сборник трудов 2-ой Российско-Китайской науч. конф. – Новосибирск: ИГД СО РАН, 2012. – С. 256 – 260.
4. Закревский Б.А. Некоторые аспекты применения эманационной съемки при исследованиях на подрабатываемых территориях / Б.А. Закревский, М.Ю. Богак // Горный информационно-аналитический бюллетень – 2007. – № 1. - С. 139 – 143.
5. Далатказин Т.Ш. Экспериментальные исследования возможности использования радонометрии для геодинамического районирования / Т. Ш. Далатказин, Ю. П. Коновалова, В. И. Ручкин // Литосфера. – 2013. – № 3. – С. 146 – 150.

6. Коновалова Ю.П. Исследование циклических короткопериодных геодинамических деформаций территорий при выборе площадки под строительство атомных станций / Ю.П. Коновалова // Горный информационно - аналитический бюллетень. – 2010. – № 7. – С. 269 – 274.

7. Усанов С.В. Геодинамические движения горного массива при техногенном воздействии крупного горно-обогатительного комбината / С.В. Усанов // Горный информационно - аналитический бюллетень. – 2011. – ОВ № 11. - С. 248 – 255.

8. Панжина Н.А. Дискретное деформирование иерархически блочной среды / Н.А. Панжина // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2010. – № 11. – С. 326 – 332.

9. Усанов С.В. Современные технологии мониторинга процесса сдвижения / С.В. Усанов, Ю.П. Коновалова, О.Д. Желтышева // Горный журнал. – 2012. – № 1. – С. 36 – 39.