На правах рукописи

УДК 622.83:[528.2:629.78]

Усанов Сергей Валерьевич

ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДРАБОТАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Специальность 25.00.20 – «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Екатеринбург - 2011

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Характерной особенностью городов и населенных пунктов, связанных с подземной добычей полезных ископаемых, является перемежаемость селитебных и подработанных подземными горными работами территорий. Особенно контрастно это проявляется на Урале, где история горного дела насчитывает более трех веков.

Использование подработанных территорий связано с риском активизации незавершившихся процессов сдвижения, которые вызывают повреждения в зданиях и сооружениях. Поэтому подработанные площади не используются в хозяйственном обороте, превращаются в пустыри и свалки, создают экономические и социальные проблемы, порожденные присутствием потенциально опасных земель в черте городов. Особенно остро эти проблемы стоят в уральских городах (Березовский, Верхняя Пышма, Дегтярск, Екатеринбург, Каменск-Уральский, Краснотурьинск, Нижний Тагил, Пермь и др.), где подработанные территории находятся в экономически освоенных и застроенных районах. В Нижнем Тагиле площадь земель, нарушенных провалами и трещинами, составляет 5% от территории в пределах городской черты. Более 25 из 38 км^2 площади г. Березовский занимает месторождение жильного золота, разрабатываемое с 1748 г. На небольшом участке между Екатеринбургом и Сысертью в 1901 г. действовал 291 рудник.

При всем множестве существующих методов оценки параметров процесса сдвижения в настоящее время отсутствует единый системный подход к определению возможности застройки территорий, подработанных подземными горными работами. В связи с этим разработка научно обоснованного подхода к оценке возможности использования подработанных территорий, учитывающего современное состояние процесса сдвижения, представляет собой актуальную научную и практическую задачу.

Работа выполнена в рамках фундаментальных исследований: грантов РФФИ № 06-05-64404 (2006-2008 гг.) и № 07-05-00613 (2007-2009 гг.); Федеральной целевой программы № 2007-5-1.5-21-03 (2007 г.); приоритетной про-

граммы фундаментальных исследований Президиума РАН № 13 (2006 г.); интеграционной программы совместных исследований УрО РАН с СО РАН (2009 г.); программ отделения наук о Земле РАН № 5 (2006 г.) и № 6 (2008 г.); госконтрактов № 02.740.11.0317 (2009 г.) и № 02.740.11.0722 (2010 г.).

Объект исследований – массив горных пород, подработанный подземными горными выработками.

Предмет исследований – зонально-структурные преобразования подработанного горного массива.

Цель работы – исследование закономерностей структурных преобразований, происходящих в подработанном горном массиве, и разработка методики оценки возможности использования подработанных территорий с учетом стадии развития процесса сдвижения.

Идея работы состоит в использовании принципа зонального структурирования массива горных пород в пределах мульды сдвижения в качестве критерия, определяющего стадию развития процесса и возможность вовлечения подработанной территории в хозяйственную деятельность.

Основные задачи:

1 Исследовать закономерности зонально-структурного преобразования массива горных пород в мульде сдвижения.

2 Разработать геомеханическую модель подработанного горного массива, основанную на принципе зонального структурирования пород в ходе развития процесса сдвижения.

3 Обосновать методы исследования структуры подработанного массива при построении геомеханической модели.

4 Разработать методику диагностики фактического зонально-структурного состояния подработанного массива и прогноза активизации процесса сдвижения.

5 Провести опытно-промышленную проверку методических положений и разработать практические рекомендации по безопасному использованию подработанных территорий.

Научные положения:

1 Критерием оценки возможности использования подработанной территории является стадия развития процесса сдвижения, которая характеризуется последовательным образованием зон с разной степенью трансформации структурных свойств горных пород:

- зоны ослабления структурных связей, соответствующей области плавных сдвижений;

- переходной зоны, соответствующей террасам и трещинам, где массив частично теряет исходную структуру;

- зоны деструкции, соответствующей воронкам обрушения и провалам, где происходит полная потеря структурных связей и разрушение пород на отдельные куски.

2 Выявление границ зон сдвижения в подработанном массиве осуществляется на основе дифференциации физических свойств пород в зависимости от степени их деструкции комплексом инженерно-геофизических исследований, при помощи которых последовательно проводится:

- поиск и оконтуривание границ зон деструкции в плане;

- построение вертикальных разрезов горного массива;

- детализация состояния приповерхностной части массива.

3 Возможность вовлечения подработанных территорий в хозяйственную деятельность определяется стадией развития процесса сдвижения, в зависимости от которой территории районируются по категориям использования и выбираются необходимые меры безопасности.

Научная новизна:

1 Выявлена взаимосвязь степени трансформации структурных свойств подработанного горного массива со стадией развития процесса сдвижения, на основании которой предложен новый критерий оценки развития процесса сдвижения.

2 Установлены закономерности деструктурирования подработанного горного массива, позволяющие определить современную стадию процесса сдвижения и прогнозировать его дальнейшее развитие.

3 Выявлена связь геофизических свойств горного массива и зональности степени деструкции пород, на базе которой разработана методика диагностики стадии развития процесса сдвижения на подработанных территориях.

Практическое значение работы:

1 Разработана новая методика оценки возможности использования подработанных территорий с учетом фактического состояния развития процесса сдвижения.

2 Обоснована и составлена классификация подработанных территорий для выбора оптимального методического подхода к оценке возможности использования подработанных территорий.

3 Предложены категории застройки подработанных территорий и меры безопасности при их эксплуатации.

Методы исследований: анализ и научное обобщение теоретического исследования параметров развития процесса сдвижения в горном массиве; инструментальные наблюдения за сдвижением и деформациями подработанных территорий при подземной разработке рудных месторождений; геофизические исследования структурных преобразований подработанного массива; промышленные эксперименты и сопоставление модельных представлений с полученными натурными результатами.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций обоснована: теоретическими исследованиями, базирующимися на основных теориях разрушения подработанного массива; комплексностью исследований; большим объемом экспериментальных работ в полевых условиях; удовлетворительной сходимостью результатов прогноза с фактическими данными; положительными результатами внедрения разработок.

Личный вклад автора состоит в анализе и обобщении опубликованных в специальной литературе сведений по исследуемому вопросу, установлении закономерностей развития структурных преобразований в подработанном массиве, обосновании его геомеханической модели, разработке методики

оценки возможности использования подработанных территорий, практической проверке разработанной методики на территориях уральских городов.

Реализация работы. Основные результаты исследований доведены до практического использования путем оценки фактической стадии развития процесса сдвижения и рекомендаций по использованию более 60 участков на подработанных территориях в городах Березовский, Верхняя Пышма, Нижний Тагил и др.

Апробация работы. Основные положения работы доложены на международных конференциях «Геомеханика в горном деле», (Екатеринбург, 1998, 2000, 2002 и 2009 гг.), «Геодинамика и напряженное состояние недр Земли» (Новосибирск, 2001, 2003 гг.), молодежных конференциях «Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента» (Сыктывкар, 2001 г.), «Геология и геоэкология: исследования молодых» (Екатеринбург, УГГГА, 2002 г.), «Проблемы недропользования» (Екатеринбург, 2008, 2009 гг.), на секциях ученого совета и научных семинарах отдела геомеханики ИГД УрО РАН.

Публикации. По результатам выполненных исследований опубликовано 20 печатных работ. Основные положения диссертации и методика исследований изложены в 13 работах, в том числе 3 в изданиях, рекомендуемых ВАК.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и содержит 155 страниц машинописного текста, 72 рисунка и 4 таблицы. Список использованных источников включает 106 наименований.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю д.т.н. Сашурину А.Д. за содействие, поддержку и высококвалифицированную помощь в работе над диссертацией, к.г.-м.н. Кашкарову А.А., к.т.н. Мельнику В.В. и Замятину А.Л. за помощь в проведении экспериментов, а также сотрудникам отдела геомеханики ИГД УрО РАН за сотрудничество и поддержку, оказанные в период выполнения исследований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во ***введении*** обоснована актуальность работы.

В ***первой главе*** диссертации сделан обзор практических решений по использованию в России и за рубежом территорий, подработанных современными и старыми подземными горными работами; раскрыты основные проблемы, возникающие при их вовлечении в хозяйственную деятельность; представлено современное состояние методов оценки и прогноза параметров процесса сдвижения и поставлены задачи исследований.

Современные методические подходы, используемые для оценки возможности использования подработанных территорий, подразделяются на: измерение деформаций; аналитические расчеты деформаций и оценка устойчивости поверхности; поиск и оконтуривание пустот геофизическими методами.

В современных нормативных документах по охране сооружений от вредного влияния подземных горных работ, разработанных ВНИМИ, ИГД УрО РАН, ИРГИРЕДМЕТ, УНИПРОМЕДЬ и др., использование подработанных территорий разрешается после того, как оседания не превышают 50 мм/год. Однако в некоторых горно-геологических условиях процесс сдвижения протекает скрытно иногда более десятка лет, после чего на поверхности образуются провалы.

Проблеме исследования условий и закономерностей развития процесса сдвижения, методам его исследования и прогнозирования посвящены работы многих российских и зарубежных исследователей, таких как С.Г. Авершин, И.М. Бахурин, М.А. Кузнецов, М.А. Иофис, Г. Кратч, Е.В. Беляев, А.Д. Сашурин, А.Г. Шадрин, Ю.А. Кашников, С.Г. Ашихмин, В.И. Борщ-Компаниец, Д.М. Казикаев и др. Разработанные ими теоретические методы расчета параметров процесса сдвижения позволяют решить широкий круг задач при разработке месторождений. При решении задач использования подработанных территорий после окончания горных работ воспользоваться эти-

ми методами практически невозможно, так как отсутствуют точные данные, необходимые для расчетов.

Все большее значение в решении геомеханических вопросов приобретают геофизические методы. Геофизические свойства пород под воздействием нагрузок исследовали А.С. Нестеренко, В.С. Ямщиков, В.А. Сазонов, Д.И. Сосик, В.В. Туманов и др. Однако геофизические методы используются для обнаружения горных выработок, при этом возможность использования подработанных участков не оценивается.

Экспериментальные и теоретические исследования процесса сдвижения на подработанных территориях сопряжены со многими трудностями, обусловленными отсутствием непосредственного доступа к подземным выработкам, и проблема использования этих территорий на сегодняшний день не имеет теоретически обоснованных и доведенных до практического применения решений. Оценить текущее состояние подработанного массива и спрогнозировать деформационные процессы на подработанных площадях возможно только на основе геофизических исследований структурных особенностей массива, формирующихся в ходе развития процесса сдвижения. Для этого необходимо исследовать взаимосвязь структурных преобразований подработанного массива горных пород с развитием процесса сдвижения от образования горных выработок до полного прекращения механических перемещений горных пород.

Во ***второй главе*** рассмотрены теоретические модели развития процесса сдвижения и выхода обрушения на поверхность, разработанные для горизонтального, наклонного и крутого падения залежей, для условий неполной подработки от слепых изолированных залежей, а также практические условия подработки территорий уральских рудных месторождений и предложена геомеханическая модель, отражающая развитие структурных преобразований подработанного горного массива в процессе развития сдвижения.

Анализ теоретических исследований показывает, что процесс сдвижения в подработанном массиве развивается по трем основным схемам: устойчивое

состояние вмещающих пород без развития свода обрушения с сохранением выработанного пространства; локализация зоны обрушения в массиве с деформациями поверхности в виде прогиба с разрывом и без разрыва сплошности; выход на поверхность и развитие обрушения и трещин. Каждая из трех схем характеризуется сочетанием трех характерных зон изменения структурных свойств горного массива: разрушения горных пород до кусков и блоков с полной потерей структурных связей; образования трещин, разбивающих массив на крупные блоки; упругого сжатия и растяжения без изменения первоначальной структуры массива.

Разнообразные горно-геологические условия и широкий временной интервал подработки поверхности на уральских рудных месторождениях обусловили неравномерность в развитии процесса сдвижения на подработанных территориях. В пределах одного месторождения могут существовать участки, где сдвижение поверхности полностью прекратилось, и участки, где обрушение поверхности еще локализуется в массиве. Поэтому при оценке безопасности подработанных территорий необходимо руководствоваться тем, что процесс сдвижения может на каждом отдельном участке развиваться по одной из трех схем развития процесса сдвижения и при этом находиться на разных стадиях.

Процесс сдвижения горных пород от начала до окончания сопровождается развитием деструкции подработанного массива, которая развивается с разной степенью в зависимости от зоны сдвижения. Процесс развития деструкции можно представить серией геомеханических моделей, последовательно сменяющих друг друга по мере деформирования горных пород (рисунок 1). Стадия процесса сдвижения на подработанной территории определятся развитием зон деструкции, границам которых соответствуют величины сдвижения, представленные в таблице 1. Таким образом, для определения деформаций подработанной территории необходимо установить в массиве и на поверхности границы соответствующих зон деструкции.

а – начало процесса сдвижения; *б* – потеря устойчивости поверхности; *в* – стадия полного развития сдвижения.
1 – зона ослабления структурных связей (плавных сдвижений); *2* – переходная зона (трещин) ; *3* – зона полной деструкции (обрушения).

Рисунок 1 – Изменение структуры горного массива в зависимости от стадии развития процесса сдвижения

Таблица 1 – Граничные критерии зон деструкции

Наименование зоны	Внешняя граница	Внутренняя граница
Зона ослабления структурных связей (плавных сдвижений)	η = 15 мм, $\varepsilon=0{,}5\cdot10^{-3}$	$\varepsilon=6\cdot10^{-3}$, $\iota=10\cdot10^{-3}$
Переходная зона (трещин)	$\varepsilon=6\cdot10^{-3}$, $\iota=10\cdot10^{-3}$	$\eta \leq 250$ мм
Зона полной деструкции (обрушения)	$\eta \geq 250$ мм	

В ***третьей главе*** обоснована методика диагностики стадии развития процесса сдвижения в подработанном массиве, определены оптимальные геофизические методы и проведены натурные экспериментальные исследования по установлению зон деструкции горных пород в подработанном массиве.

Развитие сдвижения в подземном пространстве на подработанных территориях доступно для изучения в основном геофизическими методами, которые позволяют определить с поверхности формы и геометрию геологических разностей за счет контраста их свойств. Центральным элементом, определяющим контраст геофизических свойств пород подработанных горных массивов, является структура и степень её изменения. Вызываемое подземными горными работами изменение структуры может контролироваться по изменению достаточно широкого спектра геофизических свойств пород, что позволяет использовать комплекс методов. Наиболее эффективными и производительными методами являются электроразведка, спектральное сейсмопрофилирование и георадиолокация.

Стадия процесса сдвижения определяется по взаимному положению границ характерных зон деструкции горных пород в подработанном массиве. Исследования проводятся в три этапа, обусловленных возможностями применяемых методов. На первом этапе проводится поиск, оконтуривание границ подработки и выделение наиболее опасных участков методом электроразведки (рисунок 2). На выделенных подработанных участках исследуется глубинное строение подработанного массива и выделяются зоны деструкции методом сейсмопрофилирования (рисунок 3). Приповерхностная часть подработанного массива дополнительно исследуется методом георадиолокации с целью выявления одиночных горных выработок (рисунок 4).

Геофизические модели, полученные тремя независимыми методами, сопоставляются с геомеханической моделью распределения в подработанном массиве зон деструкции и определяется стадия современного фактического состояния подработанного массива.

Рисунок 2 – Поиск и оконтуривание подработанных участков методом электроразведки

Рисунок 3 – Выделение зон деструкции в подработанном массиве методом сейсмопрофилирования

Рисунок 4 – Детализация приповерхностной части подработанного массива методом георадиолокации

В ***четвертой главе*** представлена методика оценки возможности использования подработанных территорий, классифицированы типы территорий и обоснованы методы оценки параметров процесса сдвижения в зависимости от типа территории, а также предложены категории использования территорий и меры безопасности.

Для оценки возможности использования подработанных территорий необходимо произвести комплекс исследований, включающий теоретическую и инструментальную составляющие, который выполняется в три этапа:

1) анализ технической документации и теоретическая оценка параметров процесса сдвижения;

2) натурные инструментальные исследования фактических параметров процесса сдвижения;

3) оценка допустимого вида эксплуатации и выбор оптимальных мер безопасности при освоении подработанной территории.

По результатам анализа технической документации подработки территории составляется предварительная геомеханическая модель, которая должна отражать основные горно-геологические условия. В зависимости от типа подработанных территорий (таблица 2) и объема технической документации выбирается метод оценки текущих параметров процесса сдвижения.

Таблица 2 – Классификация подработанных территорий

Характеристика подработанной территории	**Тип**		
	I	**II**	**III**
Состояние горных работ	Горный отвод действующей шахты	Отработанные участки месторождений, ликвидированные шахты	Ликвидированные шахты, старательская подработка
Этап процесса сдвижения	Интенсивный	Затухающий	Периодический
Зоны возможного использования	Зона неопасных сдвижений	Зона плавных сдвижений	Вся мульда сдвижения
Метод оценки	Расчет параметров сдвижений, маркшейдерский мониторинг	Маркшейдерский мониторинг, графоаналитическая оценка	Графоаналитическая оценка, Инженерно-геофизические исследования
Параметры оценки процесса сдвижения	Горизонтальные и вертикальные деформации	горизонтальные и вертикальные деформации	Стадия процесса сдвижения и границы зон деструкции

По результатам инструментальных маркшейдерских или геофизических исследований определяются фактические параметры процесса сдвижения и осуществляется районирование территории по стадиям развития и зонам деструкции. Стадия процесса сдвижения является базой для прогноза его дальнейшего поведения и оценки возможности использования подработанной территории (таблица 3).

При использовании подработанных территорий должны выполняться меры безопасности, которые разделяются на:

а) горные меры, уменьшающие деформации поверхности (погашение пустот, укрепление грунтов, засыпка провалов и др.);

б) конструктивные меры, позволяющие компенсировать деформации объектов;

в) проведение ремонтно-восстановительных работ;

г) визуальный, а при необходимости и инструментальный мониторинг за состоянием зданий и сооружений.

Таблица 3 – Виды использования подработанных территорий после окончания процесса сдвижения

Область подработанной территории	Категория использования	Допустимые деформации	Объекты
Зона полной деструкции	III	$\varepsilon=6\cdot10^{-3}$ $\iota=10\cdot10^{-3}$	Одноэтажные здания, Складские ангары и площадки, Грунтовые автодороги и временные ж/д пути, Наземные трубопроводы, ЛЭП местного значения и т.п.
Переходная зона	II	$\varepsilon=4\cdot10^{-3}$ $\iota=6\cdot10^{-3}$	Жилые и общественные двухэтажные здания, Промышленные цеха и станции без сложного технологического оборудования, Автомобильные/железные дороги местного значения, Трубопроводы высокого давления, Высоковольтные линии электропередач с пролетами менее 300 м
Зона ослабления структурных связей	I	$\varepsilon=2\cdot10^{-3}$ $\iota=4\cdot10^{-3}$	Жилые и общественные здания от трех и более этажей, Промышленные цеха, станции со сложным технологическим оборудованием, Магистральные автомобильные/железные дороги и мосты, Магистральные трубопроводы, Высоковольтные линии электропередач с пролетами 300 м и более

В ***пятой главе*** представлена опытно-промышленная проверка и практическое применение результатов исследований.

Исследуемый участок находится на подработанной территории Березовского золоторудного месторождения (рисунок 5). Весь участок до глубины 20-30 м подработан старательскими подземными горными работами. В разное время в границах исследуемой площади от них образовалось более 40 мелких воронок обрушения. Промышленная отработка даек осуществлялась в 1950-1970 гг. до глубины 256 и 314 м, от которой образовались провал глубиной 30 м, террасы с уступом до 1 м и трещины.

Выполненный комплекс исследований структуры подработанного массива горных пород, современной стадии процесса сдвижения и прогнозная оценка дальнейших деформационных процессов позволили произвести рай-

онирование территории по возможности использования территории в хозяйственных целях. Территория разделена на пять категорий участков, отличающихся дезинтегрированностью горного массива и стадией развития процесса сдвижения.

Рисунок 5 – Районирование подработанного участка по видам возможного использования

Участок в г. Верхняя Пышма находится северо-западнее горного отвода ликвидированного Пышминского рудника и документально не числится подработанным (рисунок 6). Однако на этой территории находятся выходы на поверхность рудных тел «зона 7-Поздняя», «зона 12-Поздняя» и капитальные горные выработки на глубине 150 и 210 м.

Для решения вопроса о возможности застройки данного участка проведены инженерно-геофизические исследования по поиску очистных горных работ и выполнена диагностика состояния процесса сдвижения. Инженерно-

геофизические исследования выполнялись в два этапа. На первом этапе установлено:

- выходы на поверхность рудоносных зон 7-Поздняя и 12-Поздняя не подработаны старыми горными работами;

- в массиве под участком зафиксировано наличие областей горных пород, подвергнувшихся влиянию подземных горных работ от горизонтов 150 и 210 м.

Рисунок 6 – Проекция границ очистных горных работ на поверхность

На втором этапе уточнены границы областей, нарушенных подземными горными выработками. Горный массив над очистными выработками не претерпел структурных изменений, и процесс сдвижения не развивается. Это свидетельствует о том, что рудоносные зоны отрабатывались как слепые изолированные рудные тела без развития процесса и территория безопасна для использования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертации на основании комплекса выполненных исследований решена актуальная научно-техническая задача – определение возможности ис-

пользования подработанных территорий в зависимости от структурных преобразований горных пород в процессе сдвижения, что имеет существенное значение при планировании развития городов, включающих проблемные территории, позволяет выявлять опасные и вовлекать в хозяйственный оборот безопасные участки.

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1 Установлены основные закономерности трансформирования структуры подработанного горного массива в ходе развития процесса сдвижения, которое сопровождается образованием трех характерных зон с разной степенью деструкции. В качестве критерия оценки опасных процессов на подработанных территориях предложено использовать стадии процесса сдвижения, характеризующиеся сочетанием этих зон.

2 Обоснованы методы исследования фактической стадии развития процесса сдвижения в подработанном массиве. Применение комплекса наземных геофизических методов (электрометрия, сейсмопрофилирование и георадиолокация) позволяет диагностировать состояние горного массива даже при отсутствии информации о месте и параметрах подземных горных работ.

3 Разработана методика оценки возможности использования подработанных территорий, включающая теоретическую оценку параметров процесса сдвижения, характерных для подработанного участка, и комплекс инструментальных инженерно-геофизических исследований современной стадии сдвижения и маркшейдерские наблюдения.

4 Выполнена классификация подработанных территорий по стадиям развития процесса сдвижения, предложены варианты их использования и меры безопасности. По предложенной методике автором было оценено более 60 подработанных участков Березовского золоторудного, Пышминско-Ключевского, Дегтярского, Меднорудянского и Туринского меднорудных, Высокогорского, Гороблагодатского и Первого Каменского железорудных месторождений в черте городов Свердловской области – Березовский, Ниж-

ний Тагил, Краснотурьинск, Дегтярск и Каменск Уральский. В ходе диссертационного исследования в использование было вовлечено более 300 000 м^2 (30 гектаров) подработанных подземными горными работами территорий.

Результаты работы могут быть использованы при решении вопросов геомеханики, связанных с исследованием изменения структурного строения горного массива, испытывающего повышенные техногенные и естественные нагрузки.

Статьи, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендуемых ВАК РФ:

1 Усанов С.В. Геоэлектрическое моделирование геомеханических процессов на подрабатываемых территориях [Текст] / А.А. Кашкаров, С.В. Усанов // Маркшейдерский вестник. – 2001. – № 1-2. – С. 62 – 67.

2 Усанов С.В. Геомеханическое обеспечение безопасной эксплуатации зданий и сооружений в области влияния горных работ [Текст] / А.А. Панжин, С.В. Усанов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 6. – С. 179-184.

3 Усанов С.В. Подработанные подземными работами территории в г. Березовский и оценка возможности их использования [Текст] / С.В. Усанов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 10. – С. 349-352.

Статьи, опубликованные в научных сборниках, журналах и материалах конференций:

1 Усанов С.В. Проблема использования подработанных территорий [Текст] / С.В. Усанов // Геомеханика в горном деле: сб. науч. тр. / ИГД УрО РАН. – Екатеринбург, 1999. – С. 202-209.

2 Усанов С.В. Влияние иерархически блочной структуры скального массива на безопасность подрабатываемых объектов [Текст] / С.В. Усанов // Геомеханика в горном деле: сб. науч. тр. / ИГД УрО РАН. – Екатеринбург, 2000. – С. 363-367.

3 Усанов С.В. Анализ условий сопоставимости масштабов природных и техногенных геодинамических явлений и методов их изучения [Текст] / А.А. Кашкаров, В.В. Мельник, С.В. Усанов // Маркшейдерия и недроведение. – 2001. – № 1. – С. 25-27.

4 Усанов С.В. Место подработанных территорий в кадастре городских земель и перспективы их использования [Текст] / С.В. Усанов // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: сб. науч. тр. / ИГ Коми НЦ УрО РАН. – Сыктывкар: Геопринт, 2001. – С. 203-206.

5 Усанов С.В. Оценка пригодности подрабатываемых территорий к использованию по результатам маркшейдерско-геофизических исследований [Текст] / С.В. Усанов // Геодинамика и напряженное состояние недр Земли. сб. науч. тр. / ИГД СО РАН. – Новосибирск, 2001. – С. 145-152.

6 Усанов С.В. Классификация подработанных территорий с целью выбора оптимального методического подхода к оценке возможности их эксплуатации [Текст] / С.В. Усанов // Т. 1 Геология и геоэкология, исследования молодых: сб. науч. тр. / ГИ КНЦ РАН – Апатиты, 2002. – С. 183-189.

7 Усанов С.В. ГИС мониторинга подработанной территории [Текст] / С.В. Усанов, А.А. Панжин // Геомеханика в горном деле: сб. науч. тр. / ИГД УрО РАН. – Екатеринбург, 2003. – С. 77-82.

8 Усанов С. В. Геодинамические движения горного массива Высокогорского железорудного месторождения под воздействием сложного горнодобывающего комплекса [Текст] / С. В. Усанов // Proceedings of the X-th Jubilee national conference with international participation of the open and underwater mining of minerals / International House of Scientists “Fr. J. Curie” / Varna, Bulgaria. – Varna, 2009. – С. 338 - 343.

9 Усанов С.В. Методика оценки возможности застройки территорий над старыми горными выработками [Текст] / С.В. Усанов // Геомеханика в горном деле: сб. науч. тр. / ИГД УрО РАН. – Екатеринбург, 2009. – С. 164-168.