

УДК 622.833.5

**Ручкин Владимир Игоревич**

научный сотрудник  
лаборатории сдвижения горных пород  
Институт горного дела УрО РАН,  
620075, г. Екатеринбург,  
ул. Мамина-Сибиряка, 58  
e-mail: [ruchkin.vi@yandex.ru](mailto:ruchkin.vi@yandex.ru)

**Коновалова Юлия Павловна**

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

**ИЗМЕНЕНИЕ НАПРЯЖЕННО-  
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ПОД  
ВОЗДЕЙСТВИЕМ КОМПЛЕКСА  
ЕСТЕСТВЕННЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ  
ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА  
ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ***Аннотация:*

*Изложена методика контроля напряженного состояния массива горных пород на основе инструментального геодинамического анализа при отработке Южной залежи Песчанской группы месторождений. Кратко описан геодинамический анализ, связанный с изучением полей напряжений в массиве горных пород при совместном влиянии естественных и техногенных геодинамических процессов. Показано влияние старых «затухших» зон сдвижения на активную изменчивость напряженно-деформированного состояния геологической среды.*

*Методика проведения геодинамического анализа качественно изменяет подход к организации инструментальных наблюдений на горнодобывающих предприятиях по контролю за напряженно-деформированным состоянием массива горных пород.*

*Ключевые слова: массив горных пород, рудное тело, наблюдательная станция, геодинамический полигон, зона сдвижения, тектоническое нарушение, напряженно-деформированное состояние.*

**Ruchkin Vladimir I.**

researcher,  
the laboratory of rocks displacement,  
The Institute of Mining UB RAS  
620075, Yekaterinburg, Mamin-Sibiryak st., 58  
e-mail: [ruchkin.vi@yandex.ru](mailto:ruchkin.vi@yandex.ru)

**Konovlova Yuliya P.**

researcher,  
the laboratory of rocks displacement,  
The Institute of Mining UB RAS  
e-mail: [lisjul@mail.ru](mailto:lisjul@mail.ru)

**VARIATION OF THE GEOLOGICAL ME-  
DIUM STRESSED-DEFORMED STATE UN-  
DER THE INFLUENCE OF THE COMPLEX  
OF NATURAL AND TECHNOGENIC GEO-  
DYNAMIC FACTORS IN MINING PLANTS***Abstract:*

*The control procedure of rock mass stressed state in terms of the tool geo-dynamic analysis mining the Southern deposit of the Peshchansky deposits group is stated. The geodynamic analysis connected with studying stress fields in the rock mass by joint influence of natural and technogenic geodynamic processes is briefly described. The influence of the old "faded" displacement zones on active variability of geological medium stressed-deformed state is shown.*

*The procedure of carrying out the geodynamic analysis qualitatively changes the approach to the arrangement of tool observation control of rock mass stressed-deformed state in mining plants.*

*Keywords: rock mass, ore body, observing station, geo-dynamic ground, displacement zone, tectonic fault, stressed- deformed state.*

Геологическая среда – это та субстанция, которая сформирована природой, и определить все ее свойства до начала ведения каких-либо горных работ, связанных с проникновением вглубь этой среды, невозможно в отличие от материалов, созданных человеком, которые перед началом своей эксплуатации имеют четкий технологический паспорт.

Как известно, для любого предприятия, проводящего любые крупномасштабные работы в естественном массиве горных пород, существует проект отработки по результатам геологического отчета, данные которого не могут дать идеального представления о состоянии геологической среды. Особенно это касается тектонической изученности

рассматриваемого района. Незнание данного фактора приводит к ошибочному заданию прочностных деформационных характеристик при расчетах устойчивости охраняемых объектов, попадающих в зону влияния горных работ. Кроме того, данная зона может превышать расчетную величину зоны влияния горных работ, что не может быть определено ни из проекта отработки, ни из геологических отчетов. Таким образом, более полное изучение свойств массива возможно только с помощью натуральных наблюдений, позволяющих своевременно предотвратить как тяжелые экономические последствия, так и человеческие жертвы. Развитие горной добычи предприятий, потребляющих ресурсы из подземных недр, и строительство в них разного рода хранилищ приводят к проблеме изучения напряженно-деформационных свойств геологической среды.

В недалеком прошлом данная проблема решалась трудоемкими методами исследования (тензометрическими датчиками, щелевой разгрузкой и т. д.) [1, 2] и только на небольших участках. В последнее время с появлением GPS-технологий появилась возможность изучения напряженно-деформированного состояния (НДС) массива на участках, превышающих размеры рудного поля. Данная методика была разработана ИГД МЧМ СССР [2] на основе величин горизонтальных деформаций, а с появлением спутниковой геодезии изучение данной проблемы было поставлено на более масштабный уровень. В настоящее время данная методика в изучении НДС массива и его динамики в режиме мониторинга используется ИГД УрО РАН на горнорудных предприятиях [3 – 7].

В данной статье рассматривается одно из горнодобывающих предприятий Свердловской области – шахта «Северопесчанская», г. Краснотурьинск. Данной шахтой, помимо основной рудоносной залежи, обрабатывается и рудное тело № 1 Южной залежи. Перед началом отработки данной залежи был выполнен расчет состояния дневной поверхности [8] на момент отработки всего рудного тела. Данные расчета показали, что дневная поверхность при отработке всего тела № 1 не подвергнется сдвигу, а коэффициент устойчивости составит 1,6. В горном массиве над выработанным пространством образуется куполообразный свод обрушения вышележащих пород, который локализуется, не достигая границы контакта, и образует потолочину из нетронутого горного массива 150,7 м. Таким образом, из расчетов следовало, что поверхность будет находиться в устойчивом состоянии и не подвергнется опасным деформациям, и, соответственно, охраняемым объектам – внекатегорийному объекту «действующая автодорога местного значения» и водопроводу III категории охраны – будущий процесс сдвижения не представляется опасным. Однако согласно Инструкции [9], предприятию было рекомендовано организовать инструментальный контроль за развитием процесса сдвижения и состоянием автодороги в виде наблюдательной станции.

Рудное тело № 1 начали обрабатывать в 2009 – 2010 гг. И лишь когда после выпуска только одной камеры воронка обрушения вышла на дневную поверхность, была в декабре 2010 г. оборудована наблюдательная станция (рис. 1). Инструментальные наблюдения проводились с периодичностью 2 раза в год как традиционными методами, так и с использованием спутниковых методов. При выполнении уже первых серий наблюдений и обработки результатов были выявлены все зоны, которые характеризуют активное развитие процесса сдвижения, происходящего в геологической среде. В дальнейшем эпицентр зоны обрушения, который хорошо виден на рис. 2, только расширялся, соответственно, расширялись зоны, характеризующие незатухающий процесс его развития. Деформации и границы зон сдвижения определялись традиционными геодезическими методами. Одновременно с установлением наблюдательной станции был заложен геодинимический полигон, где часть реперов располагалась за границей расчетной мульды сдвижения при отработке всего рудного тела № 1. Также в этом полигоне была задействована часть реперов наблюдательной станции.

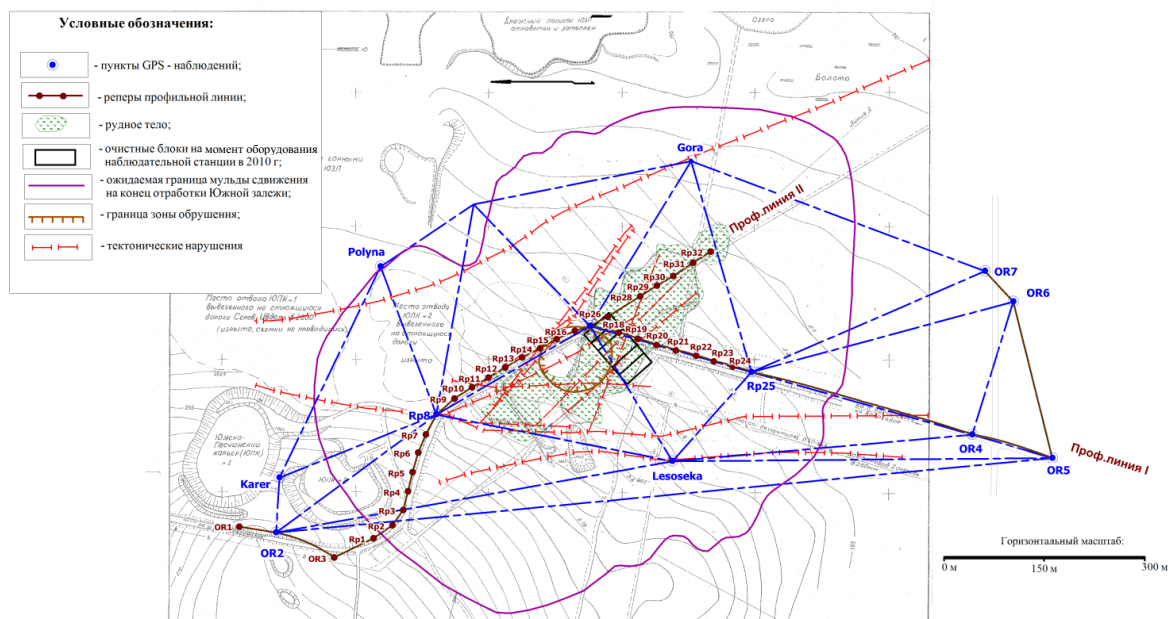


Рис. 1 – План наблюдательной станции при отработке Южной залежи шахты «Северопесчанская»

В итоге за 4 года инструментальных наблюдений выполнено шесть серий, по результатам которых было установлено, что фактическая зона мульды сдвига при неполной отработке рудного тела № 1 превышает расчетную величину при условии отработки всего рудного тела.



Рис.2 – Фактическое состояние зоны обрушения и бывшей автодороги



Сеть реперов полигона дает информацию о состоянии геологической среды и ее изменчивости во времени под воздействием реальных техногенных (комплекс горных работ) и тектонических факторов. В центре фактической зоны обрушения располагается узел тектонических неоднородностей. Из результатов GPS-наблюдений по пунктам геодинимического полигона были установлены участки зон активного формирования НДС геологической среды, где, кроме того, наблюдается и знакопеременный характер их изменения от серии к серии. По имеющимся результатам спутниковых наблюдений были отстроены векторы горизонтальных сдвижений реперов полигона (рис. 3). Анализ направленности векторов сдвижения за все шесть периодов инструментальных наблюдений показывает, что массив можно разбить на три условных блока.

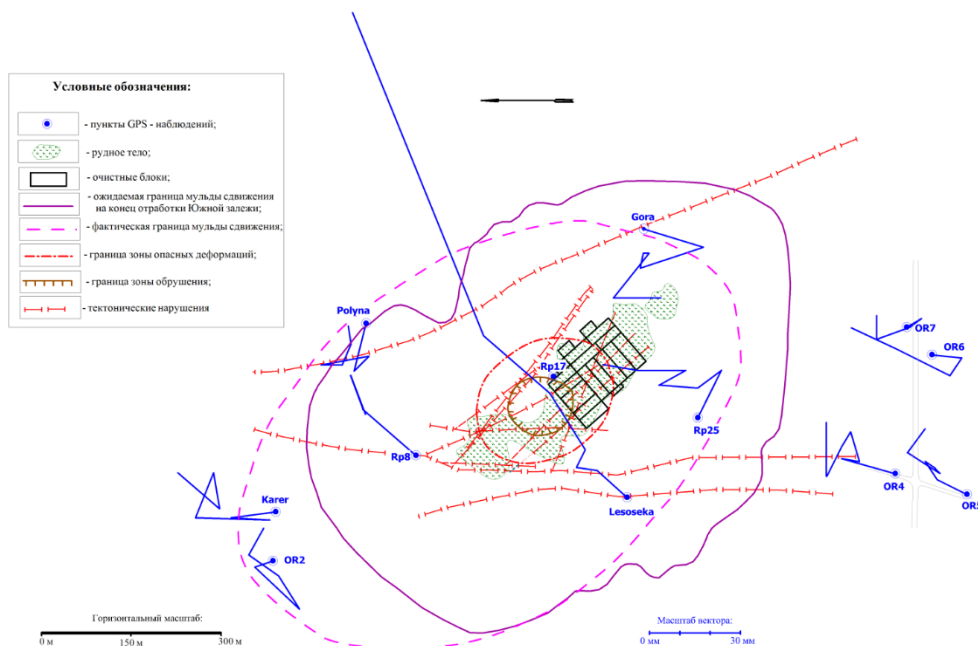


Рис. 3 – Векторы горизонтальных сдвижений реперов геодинимического полигона

Центральный блок представлен тремя реперами геодинимического полигона (Lesoseka, Goga и Rp 25), векторы которых стремятся в сторону зоны обрушения. Особенно это прослеживается по пункту Lesoseka, за исключением второго и третьего периода наблюдений, когда векторы имели незначительные отклонения и небольшую величину. Это, вероятно, связано с тем, что на первых этапах образования зоны обрушения массив испытал сильнейшее перераспределение напряженного состояния. Под воздействием техногенных факторов в ослабленном тектоническими нарушениями массиве наблюдается его саморегулирование, в дальнейшем по мере продвижения горных работ саморегулирование переходит в обыкновенный процесс нерегулируемого обрушения. На остальных пунктах данного блока наблюдается аналогичная картина, правда, с некоторым отставанием по времени. На пункте Goga саморегулирование массива наблюдается даже и на последних этапах. Это объясняется тем, что данный пункт находится в стороне и на большем удалении от фронта горных работ и зоны обрушения. Таким образом, горизонтальное смещение массива данного блока имеет тенденцию к направлению в сторону обрабатываемого рудного тела.

Южный блок состоит из четырех опорных реперов (OR4, OR5, OR6 и OR7), которые находятся на «перешейке» между двумя мульдами сдвижения: одной, развивающейся от отработки Южной залежи, и второй мульды, «не развивающейся», с неизвестными границами влияния, образованной от горных работ бывшей шахты «Новая». Этот блок также находится в границах геологических неоднородностей. Весь

комплекс этих факторов не позволяет дать четкого представления происходящих в массиве процессов.

И наконец, третий блок, северный, состоявший из четырех реперов на начальном этапе работ, в настоящее время представлен только тремя реперами. Часть пунктов – Rp8, Kager OR2 – находится в зоне тектонической неоднородности, а пункт Polyna – за ее границей. Реперы этого блока имеют хаотические циклические горизонтальные движения, которые можно рассматривать как непосредственное воздействие изменчивой величины приращения напряжения, носящего техногенный характер, на естественное тектоническое состояние массива горных пород.

При этом каждый блок представляет собой самостоятельный участок, позволяющий рассматривать горизонтальные движения массива как участка со своей собственной «легендой» возникновения этих смещений.

Таким образом, проведенные инструментальные наблюдения на участке отработки Южной залежи, позволяют сделать вывод, что налегающая толща над рудным телом представляет собой «конгломерат» разного рода плоскостей ослабления. Сама залежь располагается между разветвлениями тектонических нарушений различного ранга, среди которых встречаются залеченные тектонические нарушения и, как следствие, такие участки массива горных пород пронизаны оперяющими зонами ослабления.

Кроме того, данный регион представляет собой мощный горнодобывающий комплекс с активным использованием буровзрывного способа добычи полезного ископаемого, где каждый взрыв можно представить как небольшое микроземлетрясение, в той или иной мере влияющее на общий тектонический фон данного участка, что отрицательно отражается на прочностных межблоковых связях.

Следовательно, многолетнее активное техногенное воздействие на массив горных пород данного региона, явилось причиной того, что залеченные зоны дробления под воздействием постоянно меняющегося НДС, вызванного перераспределением напряжений в массиве, находятся в движении и тем самым еще сильнее ослабляют массив. Геомеханическая модель техногенных источников, влияющих на состояние геологической среды в районе рудного тела № 1 Южной залежи, представлена на рис. 4.

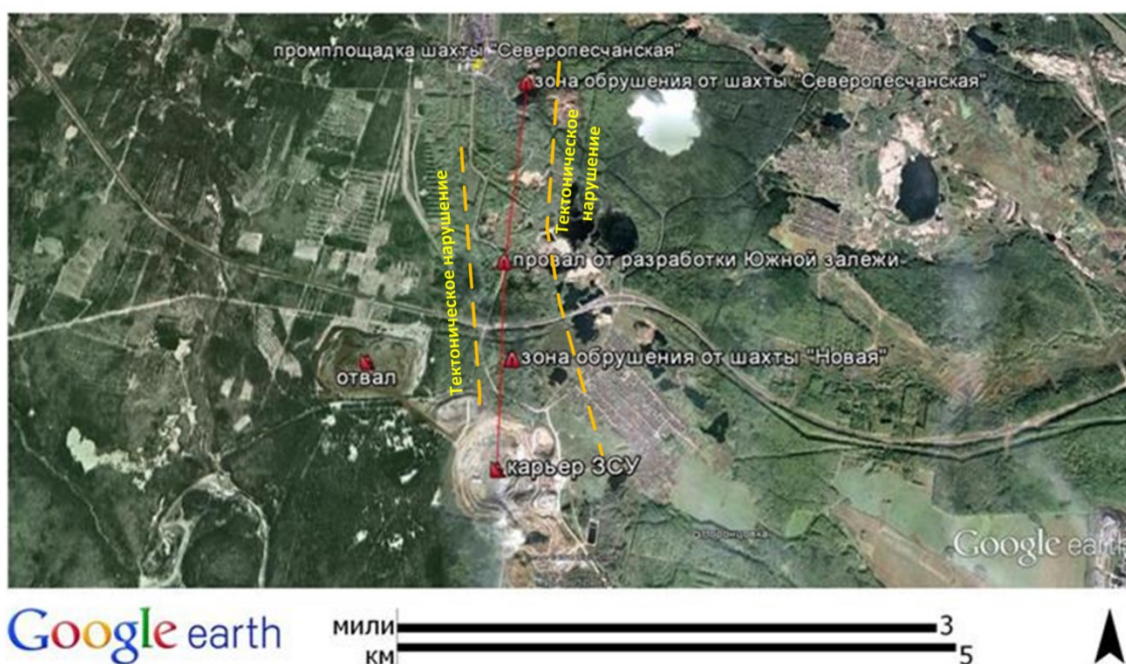


Рис.4 – Геомеханическая модель техногенных источников в окрестностях Южной залежи шахты «Северопесчанская»

Результаты спутниковых измерений дают наглядную картину циклической изменчивости НДС массива горных пород исследуемых участков. Если на исследуемой территории наряду с геологической изученностью, физико-механическими свойствами пород, состоянием горных работ выявлены участки тектонических неоднородностей, то циклическую изменчивость НДС массива горных пород можно подвести к логическому объяснению.

Таким образом, воздействие комплекса техногенных и тектонических факторов приводит к изменчивости НДС массива, а область их влияния превышает размеры выработанного пространства.

### Литература

1. Кораблев А.А. Современные методы и приборы для изучения напряженного состояния массива горных пород // А.А. Кораблев. – М.: Наука, 1969. – С. 127.
2. Ручкин В.И. Исследование поля напряжений в геологической среде на горнодобывающих предприятиях // В.И. Ручкин // Геомеханика в горном деле. ИГД УрО РАН. Екатеринбург – 2009. С –117–122.
3. Ручкин В.И. Исследование динамики массива горных пород // В.И.Ручкин // Горный информационно–аналитический бюллетень. – 2011. - № 11. – С. 213–224.
4. Ручкин В.И. Мониторинг за изменением напряженно-деформированного состояния массива горных пород на больших базах // В.И. Ручкин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – № 4. – С. 202 – 206.
5. Ручкин В.И. Сдвигение горных пород при отработке Южной залежи Песчанской группы месторождений // В.И. Ручкин // Горный информационно–аналитический бюллетень. – 2011. – № 11 – С. 273–212.
6. Драсков В.П. Обеспечение безопасности эксплуатации сооружений шахта на Сарановском месторождении хромитов // В.П. Драсков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 6. – С. 309 – 316.
7. Усанов С.В. Геодинамические движения горного массива Высокогорского железорудного месторождения под воздействием сложного горнодобывающего комплекса / С.В.Усанов // Proceedings of the X-th Jubilee national conference with international participation of the open and underwater mining of minerals. - Varna, Bulgaria, 2009. - С. 338 – 343.
8. Прогноз развития процесса сдвигения и положение границ зоны обрушения с целью минимизации размеров земельного отвода и оценки влияния горных работ на автодорогу и водопровод при отработке Южной залежи на шх. «Северопесчанская». Отчет о НИР. ИГД УрО РАН. Рук. А.Д.Сашурин. Екатеринбург – 2004. –С 18.
9. Инструкция по наблюдениям за сдвигением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. Утв. Госгортехнадзором СССР. 3.07.1986. - М.: Недра, 1988. – С. 112.