

УДК 622.831.3

Ручкин Владимир Игоревич

научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, 58
e-mail: ruchkin.vi@gmail.com

Харисова Ольга Дмитриевна

младший научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: OlgaZheltysheva@gmail.com

Драсков Владимир Павлович

старший научный сотрудник,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: draskov_vp@mail.ru

**МОНИТОРИНГ ИЗМЕНЕНИЯ
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД
НА САРАНОВСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ**

Аннотация:

В данной статье произведен анализ эволюции деформированного состояния массива горных пород со временем на территории действующего горнодобывающего предприятия. Показано, как по результатам инструментальных наблюдений выявляются происходящие в массиве деформационные процессы, обладающие как накопительной составляющей, так и знакопеременной, а также как происходит реализация накопленных напряжений в виде обрушения участка дневной поверхности и последующая разгрузка массива. Подчеркивается необходимость выполнения инструментальных наблюдений в режиме мониторинга для оценки и прогноза развития негативных деформационных процессов.

Ключевые слова: мониторинг, сдвижение, деформации, массив горных пород, инструментальные наблюдения, напряженно-деформированное состояние, техногенное воздействие.

DOI: 10.18454/2313-1586.2017.03.049

Ruchkin Vladimir I.

researcher,
The Institute of Mining UB RAS,
620075, Yekaterinburg,
58 Mamin-Sibiryak st.
e-mail: ruchkin.vi@gmail.com

Kharisova Olga D.

junior researcher,
The Institute of Mining UB RAS
e-mail: OlgaZheltysheva@gmail.com

Draskov Vladimir P.

senior researcher,
The Institute of Mining UB RAS
e-mail: draskov_vp@mail.ru

**MONITORING OF CHANGES
THE ROCK MASS DEFORMED STATE
IN THE SARANOVSKY DEPOSIT**

Abstract:

The analysis of rock mass deformed state evolution in the territory of operating mining plant is carried out in the article. It is shown how the deformation processes possessing both accumulative and alternating-sign constituents taking place in the rock mass are revealed in terms of instrumental surveys, as well as how the realization of the cumulated stresses by way of collapse of the daylight surface area with the following rock mass unloading takes place. The necessity of the implementation the instrumental observations in monitoring mode for the estimation and prognosis the negative deformation process development is emphasized.

Key words: monitoring, displacement, deformations, rock mass, instrumental surveys, stressed-deformed state, man-made impact.

Введение

Возросшее в последние годы масштабное воздействие человека на окружающую среду все ощутимее нарушает ее естественное равновесие. Техногенно активным влиянием на окружающую среду является любое строительство промышленного характера – атомные и гидроэлектростанции, водохранилища, создание крупных горнодобывающих комплексов, добыча углеводородного сырья, создание подземных хранилищ и так далее.

Ранее было принято считать, что происходящие в геологической среде (земной коре) деформационные процессы различного пространственно-временного масштаба приурочены исключительно к орогенным областям и смежным с ними районам. Однако

в последнее время представление о современной геодинамической активности геологической среды изменилось, о чем свидетельствует появление такого термина, как «техногенная сейсмичность». Инструментальные наблюдения на геодинамических полигонах [1, 2] показали, что деформационные процессы в земной коре наблюдаются повсеместно даже в сейсмически спокойных районах.

Для своевременного предупреждения негативных последствий реакции горного массива на техногенное вмешательство в районах интенсивной промышленной деятельности (горные работы, водохранилища и т.д.), а также на близлежащих территориях необходимо вести инструментальные наблюдения за деформационными процессами на дневной поверхности.

Методы исследований

Накопленный Институтом горного дела УрО РАН опыт [1 – 3] позволяет определять изменение напряженно-деформированного состояния (НДС) горного массива во времени на участке дневной поверхности, во много раз превышающем размеры рудного поля, что позволяет проследить данную изменчивость на удалении от источника техногенного возмущения. Распространенные методы определения НДС массива – метод разгрузки, метод буровых скважин, датчики напряжений и т. д. – дорогостоящие и трудоемкие, а при увеличении площади исследований данные методы становятся дороже и трудозатратнее. Поэтому Институтом был предложен новый метод исследования геологической среды в динамике, позволяющий изучать состояние горного массива в режиме мониторинга и делать соответствующие выводы о состоянии дневной поверхности и о возможности использования этого участка.

Суть данного метода заключается в следующем [4, 5]: на основе исходных данных проектируется геодинамический полигон, который представляет собой сеть пунктов ГГС, полигонометрии, маркшейдерско-геодезического обоснования, а также, при необходимости, дополнительно заложенных пунктов. Весь полигон увязывается в единую систему координат, основой которой являются «условно неподвижные» пункты ГГС высшего класса. Если на первоначальном этапе невозможно оценить устойчивость пунктов, то в качестве опорных выбирают пункты на максимальном расстоянии от техногенного источника или исследуемой площадки. Далее делается первое переопределение всех координат пунктов полигона. Затем полигон разбивается на сеть треугольников, для каждого из которых определяется его центр, для которого вычисляются деформации и напряжения, а также направления их действия. После обработки результатов очередной серии наблюдений на плане поверхности отстраиваются изолинии деформаций или напряжений, характеризующие состояние массива за интересующий период наблюдения [6].

Наблюдения на геодинамических полигонах выполнялись на территории Урала, Казахстана, Тюменской области [4 – 6], то есть в различных геологических условиях, где горные массивы были представлены различными скальными и осадочными породами. Результаты, полученные при определении НДС массивов горных пород, показали, что данный метод позволяет наглядно проследить за динамикой развития во времени величин как напряженного, так и деформированного состояния массива, а также направлений их действия [7].

Объект исследований

Объектом для изучения динамики развития НДС геологической среды, рассматриваемым в данной статье, является Сарановское месторождение хромитов, расположенное на территории Горнозаводского района Пермского края. Рудоносная зона имеет протяженность 2 км и ширину до 40 м, месторождение представлено крутопадающими на восток дайкообразными рудными телами субмеридионального залегания [8]. Эксплуатация месторождения началась в 40-е годы XX в. с отработки верхней части рудных тел

карьером, а с увеличением глубины их залегания – подземным способом. В настоящее время добычные работы ведутся на глубине 300 – 400 м от поверхности. Разработка осуществляется камерными системами с обрушением руды и вмещающих пород с оставлением целиков и закладкой выработанного пространства пустой породой [9 – 11].



Рис. 1 – Обрушение поверхности карьера в Южной части месторождения в июле 2013 г.:
а) - снимок Google от 05.07.2013; б) - снимок Google от 01.06.2016

На данном месторождении 11 июля 2013 г. произошло чрезвычайное происшествие – обрушение поверхности карьера, появившегося в 2011 г. в Южной части месторождения на границе с существующей зоной обрушения (рис. 1) вблизи пересечения Профильных линий I и VI (рис. 2), в выработанное пространство шахты [11]. Сотрудники Института горного дела в это время находились на данном месторождении на выполнении служебного задания. За несколько часов до обрушения были выполнены традиционные наблюдения, а GPS-наблюдения проводились в тот же день после обрушения.

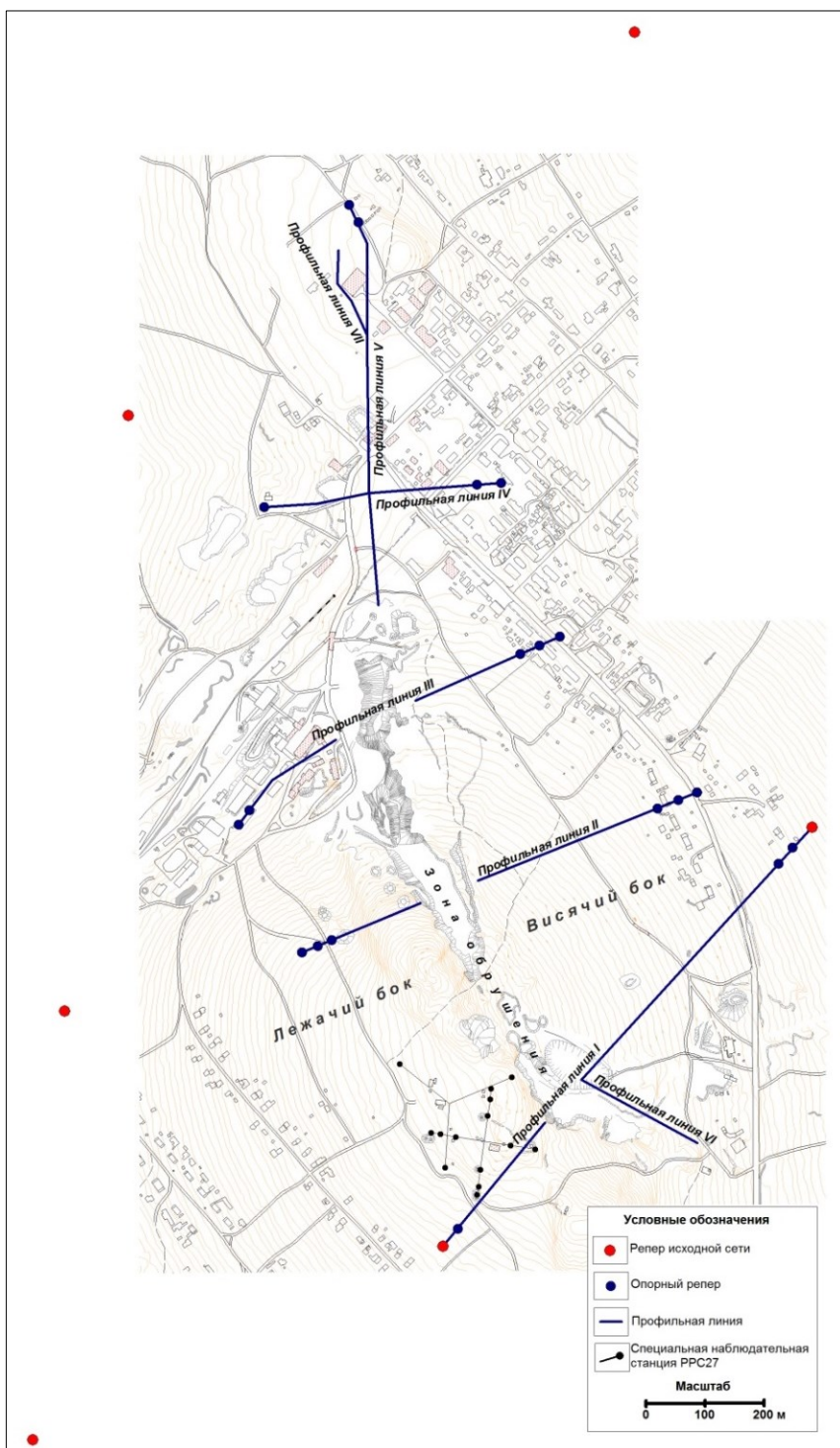


Рис. 2 – Схема наблюдательной станции на Сарановском месторождении

В соответствии с нормативными правилами охраны на данном месторождении в 70-х годах прошлого столетия была заложена наблюдательная станция, состоявшая в разное время из 5 – 8 профильных линий (см. рис. 2). Инструментальные наблюдения выполнялись с небольшими перерывами вплоть до 2014 г.

Изначально наблюдения выполнялись традиционным способом и охватывали только участки вдоль профильных линий. Появление глобальных навигационных спутниковых систем предоставило возможность оптимизировать инструментальные наблюдения, исключив необходимость обеспечения прямой видимости между пунктами наблюдательной станции. Реперы наблюдательной станции месторождения были включены в геодинимический полигон, на котором начали проводиться GPS-наблюдения в

дополнение к традиционным наблюдениям на профильных линиях реперов. Охват изучаемого участка дневной поверхности увеличился за счет площадного принципа построения наблюдательной станции [5].

Результаты и их обсуждение

В данной статье рассматриваются результаты инструментальных наблюдений, выполненных в период с 2009 по 2014 г. по описанной выше методике. На рис. 3 – 7 представлены изолинии первого инварианта деформаций, проведенные через 2 относительные единицы.

На рис. 3 представлена ситуация, сложившаяся в массиве горных пород за период наблюдений с 2009 по 2010 г., где наглядно видны сформировавшиеся четыре зоны повышенного деформирования массива, которые, в свою очередь, можно объединить в два знакопеременных участка. Также следует отметить, что три зоны повышенной деформации массива сконцентрированы в нерабочем лежащем борту месторождения.

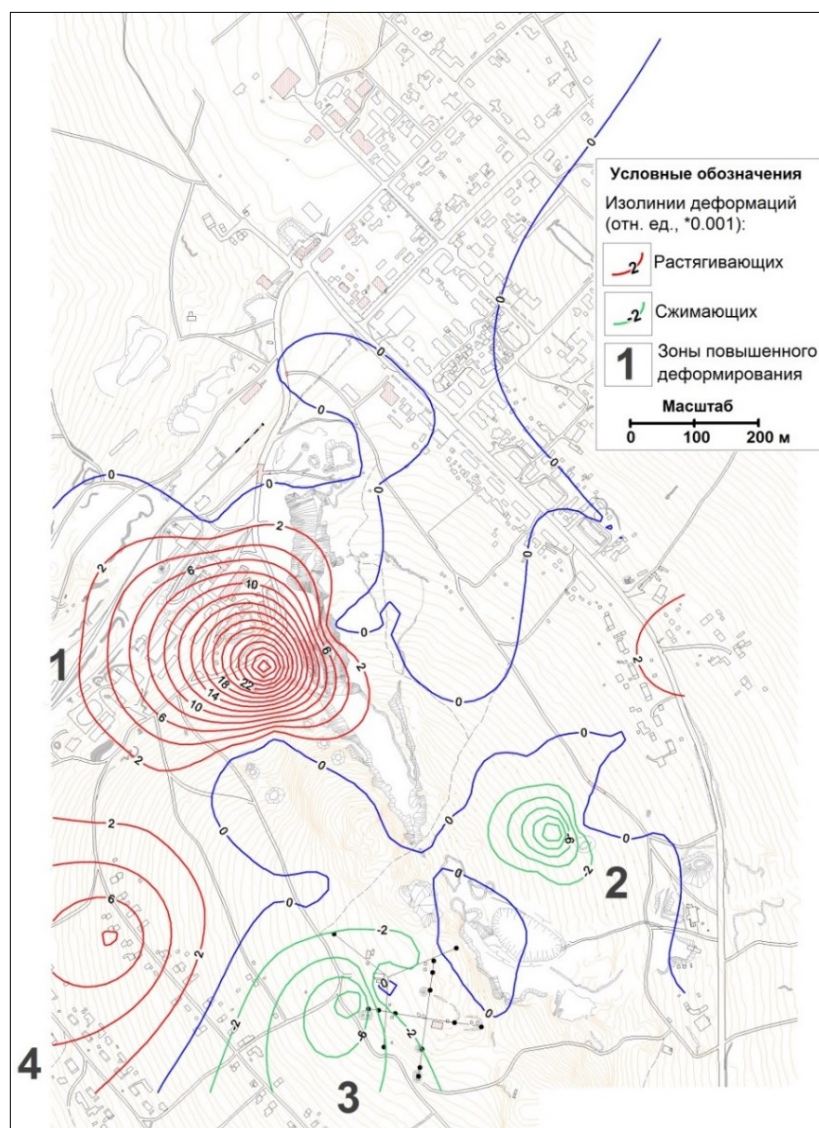


Рис. 3 – Изолинии деформаций по результатам инструментальных наблюдений за период 2009 – 2010 гг.

На рис. 4 представлены результаты наблюдений за период 2010 – 2011 гг.: наблюдаются все те же участки концентрации зон повышенных напряжений, но поменявшие знак по сравнению с предыдущим периодом.

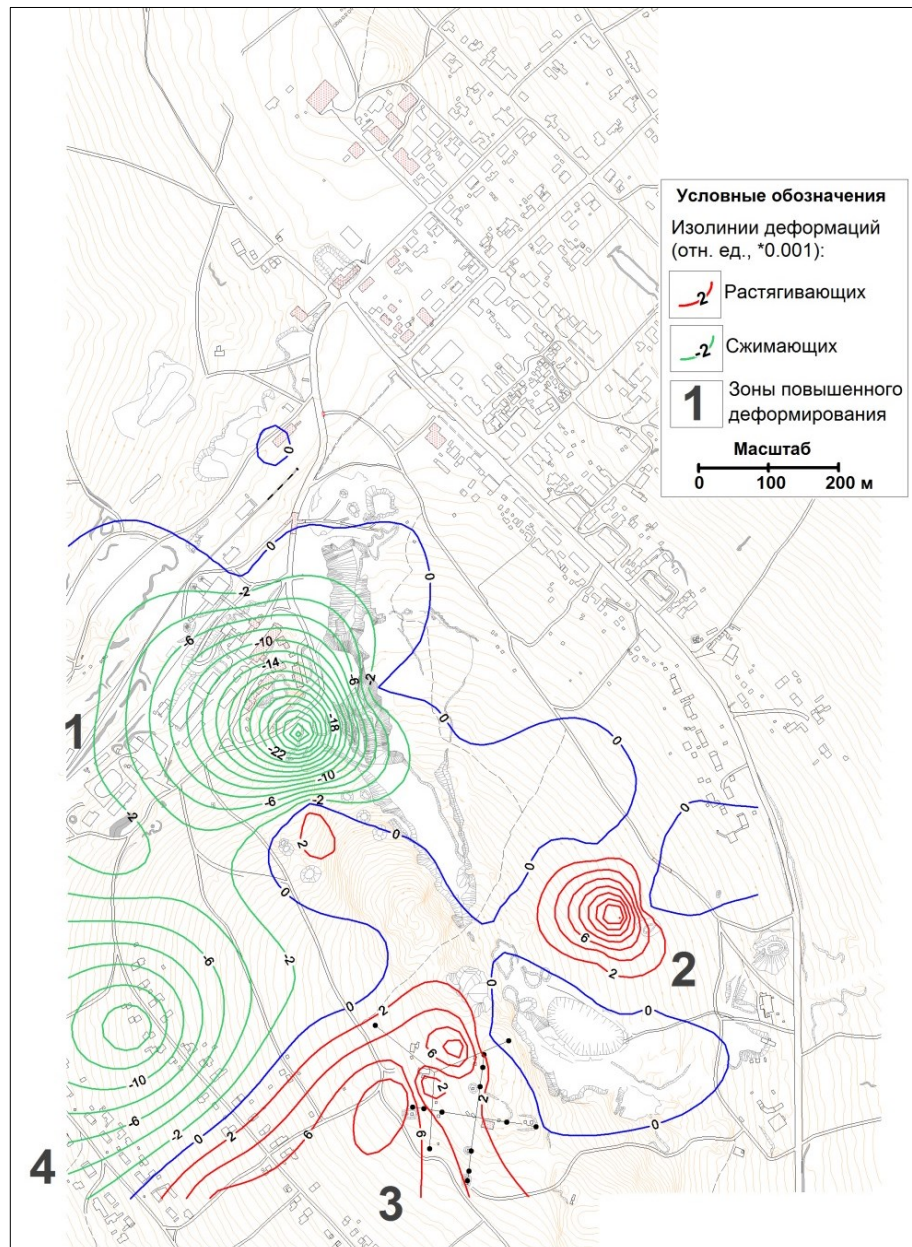


Рис. 4 – Изолинии деформаций по результатам инструментальных наблюдений за период 2010 – 2011 гг.

На рис. 5 (период 2011 – 2012 гг.) по-прежнему наблюдаются указанные зоны, однако в массиве произошло событие, вызвавшее разгрузку напряженного состояния массива. Величины деформаций уменьшились как по абсолютным значениям, так и по площади охвата; в массиве преобладают сжимающие деформации.

При этом видимых обрушений на поверхности в тот период не наблюдалось. Однако позднее было установлено, что в 2010 г. произошло обрушение и сдвиг штрека в лежачем боку месторождения протяженностью около 100 м. Это явление вызвало постепенную разгрузку массива в лежачем боку, где наблюдается плавный характер деформирования, установившийся к 2012 г., и не повлияло на висячий бок, о чем свидетельствует концентрация деформаций знакопеременного характера в зоне № 2, сопоставимая по интенсивности с первым и вторым периодами наблюдений.

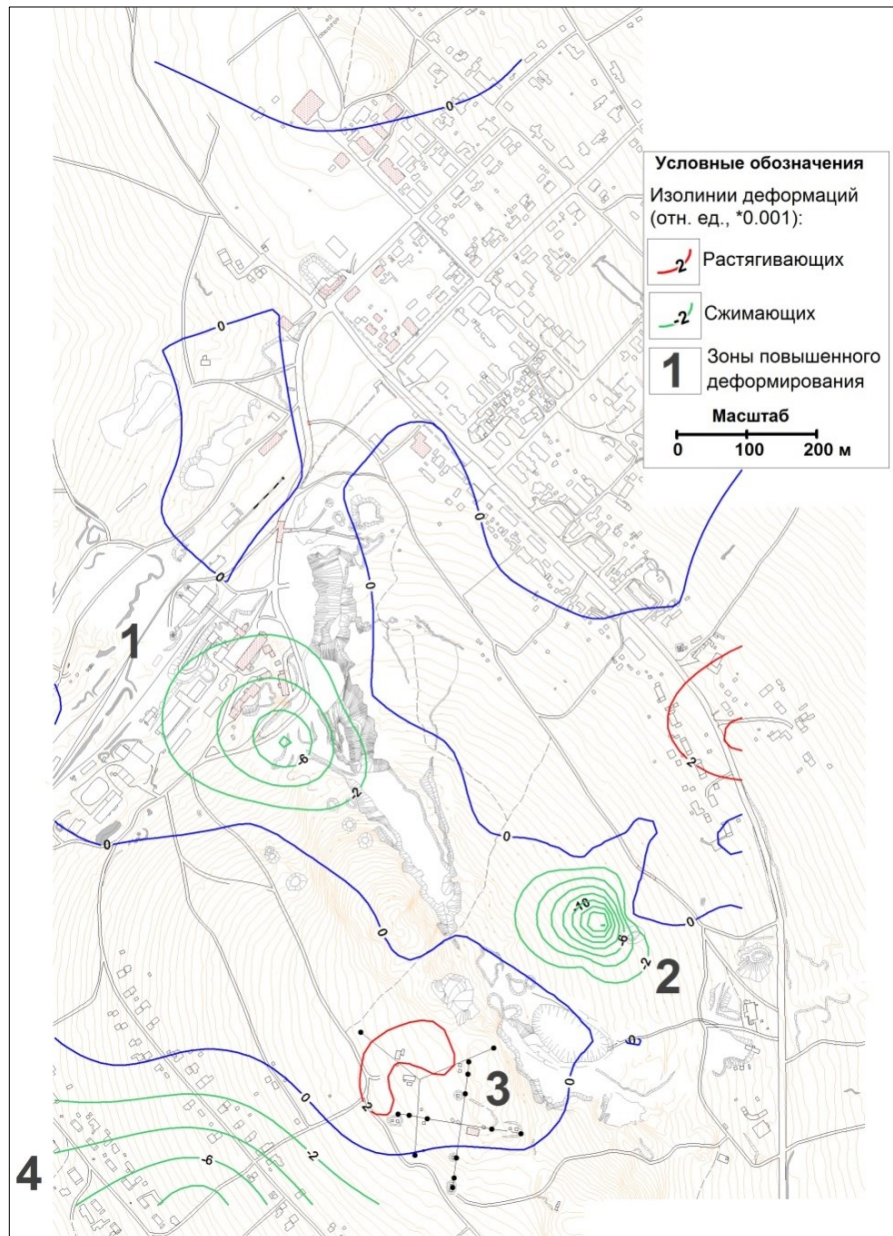


Рис. 5 – Изолинии деформаций по результатам инструментальных наблюдений за период 2011 – 2012 гг.

На рис. 6 отображен период наблюдений с 2012 по 2013 г. Инструментальные наблюдения, выполненные в 2013 г., были сделаны на следующий день после обрушения дна старательского карьера в выработанное пространство шахты. Процесс саморегулирования вторично нарушенного блочного массива горных пород будет иметь затяжной характер затухания, поэтому в массиве по-прежнему отчетливо выражены зоны концентрации деформаций, причем в этот период как качественно, так и количественно преобладают деформации растяжения. Данное предположение частично основано на анализе механизма разгрузки напряженного состояния лежачего бока в период с 2010 по 2012 г.

На рис. 7 (период наблюдений охватывает 2013 – 2014 гг.) показано состояние массива горных пород через год после образования воронки обрушения на дневной поверхности. Видно, что горный массив в зоне образования провала подвергся полной разгрузке (деформации в массиве присутствуют, но составляют менее двух относительных единиц), иными словами, реализовал свою накопленную энергию напряженно-деформированного состояния. Несмотря на это, в массиве наблюдаются зоны повышенных сжимающих (участок мачты РРС-27) и растягивающих (склон горы) деформаций № 3 и 4,

соответственно, и находятся они в лежащем боку. Механизм деформации массива участка РРС-27, скорее всего, тесно связан с непосредственной близостью зоны обрушения и горных работ. Механизм формирования растяжения массива в районе зоны № 4 предположительно обусловлен остаточным воздействием реализации накопленной энергии массива висячего бока.

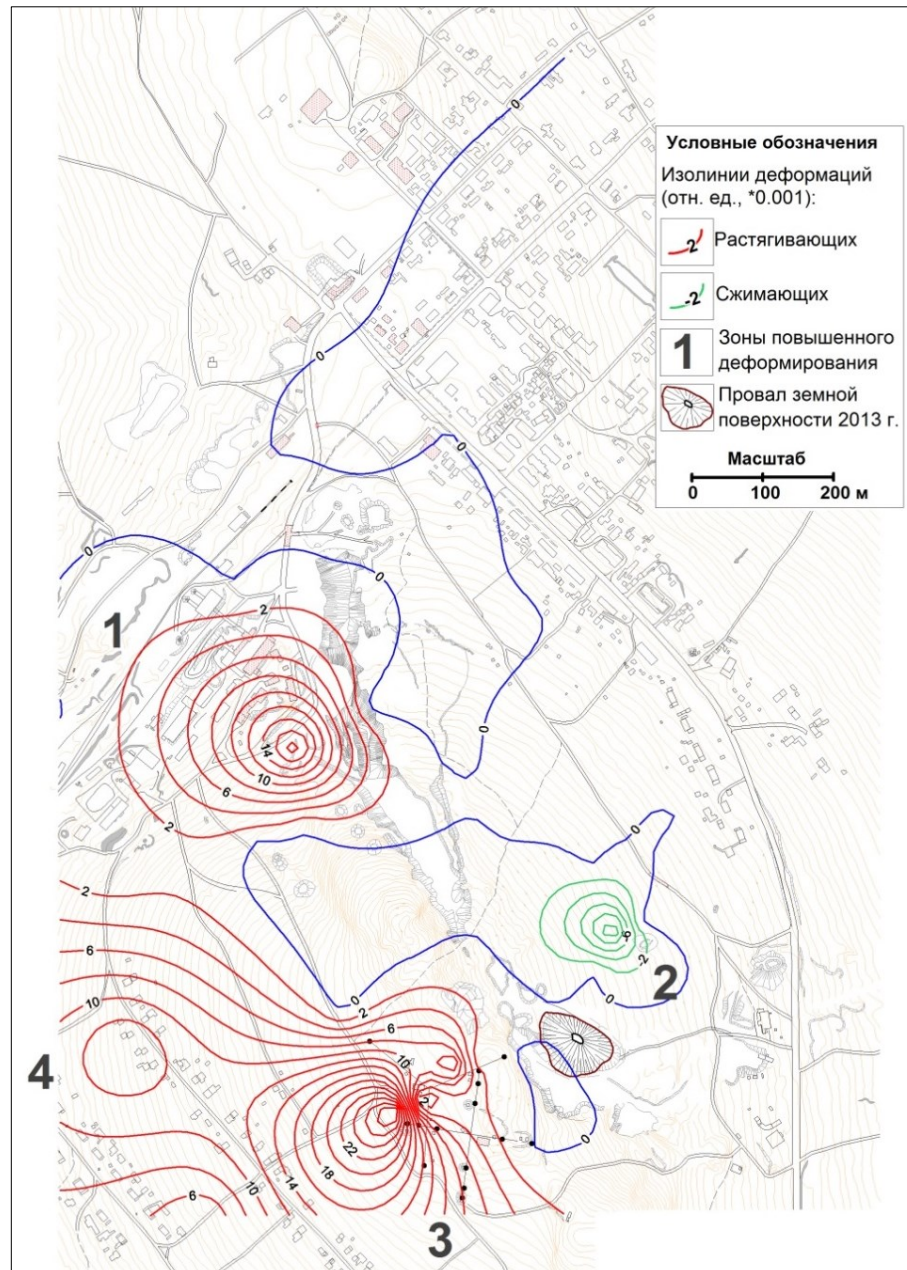


Рис. 6 – Изолинии деформаций по результатам инструментальных наблюдений за период 2012 – 2013 гг.

К сожалению, вследствие прекращения инструментальных наблюдений на Сарановском месторождении, дальнейшая информация о восстановлении массива не была получена.

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что геодинамическая активность в виде деформаций геологической среды относится не только к разломным зонам различного порядка [12]. Как показывает вышеизложенный материал, негативные процессы в массивах горных пород возникают в результате воздействия техногенной нагрузки в различных геологических областях. Это есть не что иное, как стремление данной среды

вернуться в свое первоначальное состояние, и этот процесс формируется самой природой как барьер сопротивления техногенным нагрузкам. Данный факт подчеркивает необходимость выполнения инструментальных наблюдений в режиме мониторинга, что позволяет в динамике оценить развитие негативных деформационных процессов, устойчивость массива и способность его адаптации к изменившимся условиям, а также возможность дальнейшего его использования. Кроме того, данный метод в сочетании с подробной горно-геологической, тектонической и топографической информацией позволит проследить эволюцию геологической среды в условиях любого вида и масштаба техногенного воздействия.

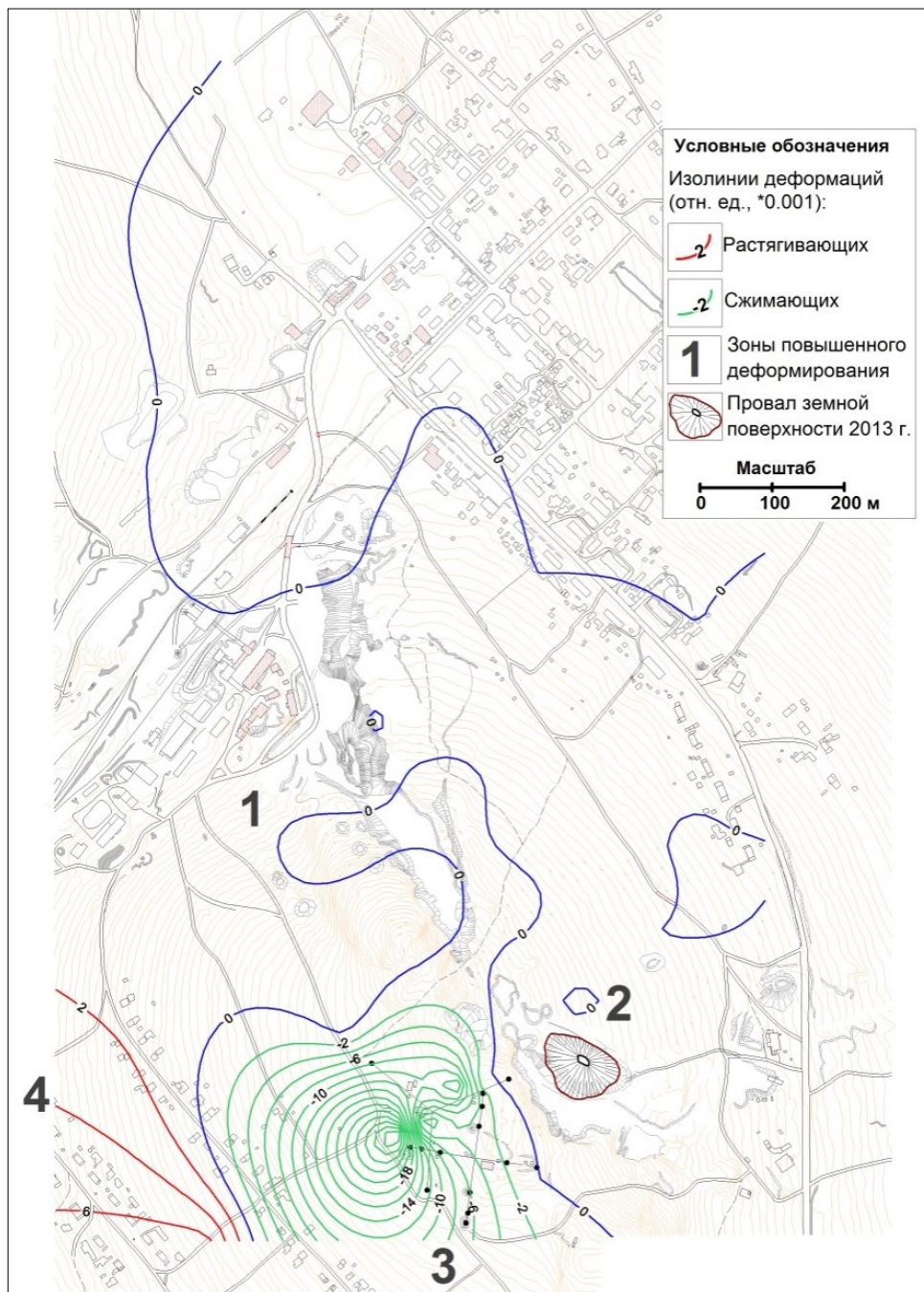


Рис. 7 – Изолинии деформаций по результатам инструментальных наблюдений за период 2013 – 2014 гг.

Литература

1. Панжин А.А. Об особенностях проведения геодинимического мониторинга при разработке месторождений полезных ископаемых Урала с использованием комплексов спутниковой геодезии / А.А. Панжин, Н.А. Панжина // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2012. – № 6. – С. 46 - 55.
2. Сашурин А.Д. Формирование напряженно-деформированного состояния иерархически блочного массива горных пород / А.Д. Сашурин // Проблемы недропользования. – 2015. – № 1 (4). – С. 38 - 44. DOI:10.18454/2313-1586.2015.4.890
3. Ефремов Е.Ю. Метод определения напряжений на протяженных участках массива горных пород / Е.Ю. Ефремов, О.Д. Желтышева // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2013. – № 7. – С. 34 - 39.
4. Панжин А.А. Исследование сдвижений земной поверхности при разработке месторождений с применением площадных инструментальных методов / А.А. Панжин // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2009. – № 2. – С. 69 - 74.
5. Панжин А.А. Пространственно-временной геодинимический мониторинг на объектах недропользования / А.А. Панжин // Горный журнал. – 2012. – № 1. – С. 39 - 43.
6. Геодезическое обеспечение геодинимического мониторинга объектов недропользования / А.А. Панжин, А.Д. Сашурин, Н.А. Панжина, Б.Т. Мазуров // Вестник СГУГИТ. – 2016. – № 4 (36). – С. 26 - 39.
7. Ручкин В.И. Влияние техногенной нагрузки на динамику напряженно-деформированного состояния массива горных пород / В.И. Ручкин, О.Д. Желтышева // Проблемы недропользования. – 2015. – №1 (4). – С. 26 - 31. DOI:10.18454/2313-1586.2015.4.888
8. Мониторинг напряженно-деформированного состояния верхней части земной коры на шахте Сарановская-Рудная / А.Д. Сашурин, А.А. Панжин, В.И. Ручкин, В.В. Дубовик // Проблемы геотехнологии и недроведения. (Мельниковские чтения): Доклады международной конференции 6 - 10 июля 1998 г. – Екатеринбург: УрО РАН, 1998. – С. 192 - 198.
9. Драсков В.П. Особенности развития процесса сдвижения горных пород на Сарановском месторождении хромитов / В.П. Драсков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 6. – С. 169 - 173.
10. Драсков В.П. Обеспечение безопасности эксплуатации сооружений шахты на Сарановском месторождении хромитов / В.П. Драсков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 6. – С. 309 - 316.
11. Драсков В.П. Анализ особенностей развития деформационных процессов сдвижения по результатам натурных наблюдений на Сарановском месторождении хромитов / В.П. Драсков // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – № 9. – С. 49 - 58.
12. Кузьмин Ю.О. Современные суперинтенсивные деформации земной поверхности в зонах платформенных разломов / Ю.О. Кузьмин // Геологическое изучение и использование недр. – 1996. – № 4. – С. 43 - 53.