

УДК 622.83

Лобанова Татьяна Валентиновна
доктор технических наук,
научный руководитель
научно-исследовательского центра,
Сибирский государственный
индустриальный университет,
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
e-mail: lobanova_tv@sibsiu.ru

Трофимова Ольга Леонидовна
старший научный сотрудник,
Сибирский государственный
индустриальный университет

**СОВРЕМЕННЫЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ
ДВИЖЕНИЯ В РАЙОНЕ
СТВОЛА «СИБИРЯК»
ТАШТАГОЛЬСКОГО РУДНИКА**

Аннотация:

Приведены данные о структурном строении массива горных пород Таштагольского месторождения в районах ведения горных разработок и объектов на земной поверхности. Изложены различные взгляды ученых на влияние тектонических нарушений на проходку и эксплуатацию ствола. Обозначена проблема и актуальность исследования сдвижения горных пород в районе строящегося шахтного ствола, расположенного вблизи крупных тектонических нарушений. Показаны схемы наблюдательных станций и приведены результаты инструментальных наблюдений за сдвижением земной поверхности традиционными методами измерений и методами спутниковой геодезии. По результатам мониторинговых наблюдений в районе ствола и в целом Таштагольского месторождения установлено наличие сдвижений земной поверхности, которые являются геодинамическими движениями, вызванными природными процессами.

Ключевые слова: шахтный ствол, тектонические нарушения, сдвижение горных пород, инструментальные наблюдения, геодинамические движения, сейсмическая активность, природные процессы

DOI: 10.25635/2313-1586.2018.03.070

Lobanova Tatyana V.
Doctor of Engineering,
Scientific Director of the Research Center
of the Siberian State Industrial University,
654007, Novokuznetsk, Kirova street, 42
e-mail: lobanova_tv@sibsiu.ru

Trofimova Olga L.
Senior Research Worker,
Siberian State Industrial University

**UP-TO-DATE GEODYNAMIC MOVEMENTS
IN THE AREA OF THE MINE SHAFT
«SIBIRYAK» OF THE TASHTAGOL MINE**

Abstract:

The data about the structural composition of the rock mass of the Tashtagol deposit in areas of mining and objects on the earth's surface are given. Various scientific estimates of the impact of tectonic disturbances on tunneling and operating of the mine shaft are shown. The problem and topicality of researching the rock movements in the area of the mine shaft under construction, located in the vicinity of major tectonic disturbances, is marked. Diagrams showing observation stations and results of instrumental surveys of the earth's surface displacement measurement by conventional methods and satellite surveying techniques are given. According to the results of monitoring in the mine shaft area and in the whole field of Tashtagol deposit the presence of displacement of the earth's surface are established, which are geodynamic movements caused by natural processes.

Keywords: mine shaft, tectonic disturbances, rock movement, instrumental surveys, geodynamic movements, seismic activity, natural processes

Введение

Ствол «Сибиряк» расположен на новой промплощадке Таштагольской шахты (г. Таштагол) на расстоянии 920 м от границы мульды сдвижения земной поверхности от горных разработок Восточного участка, отработка которого начата в 1941 г. системами с обрушением руд и вмещающих пород.

В состав месторождения входят 5 участков, на трех из них, «Восточном», «Юго-Восточном» и «Северо-Западном», в настоящее время ведутся очистные работы, которые по Восточному участку достигли глубины 850 м. Запасы участка «Западный» проектируются к отработке, отработка участка «Глубокий» пока не рассматривается. Руд-

ные тела Восточного участка выходили на поверхность, остальные участки месторождения представлены слепыми рудными телами и имеют линзо- и пластообразную форму. Месторождение, кроме участка Глубокого, разведано на глубину 1500 м от поверхности (гор. -1000 м). Участок «Глубокий» разведан на глубину 1800 м (гор. -1260 м).

Месторождение вскрыто пятью стволами («Ново-Капитальный», «Западный», «Северный», «Южный», «Сибиряк»). Стволы на старой промплощадке эксплуатируются в зоне влияния горных работ Восточного участка. В районе стволов отмечается концентрация горизонтальных деформаций и наклонов, в результате чего происходят нарушения крепи и армировки, что вызывает необходимость производить остановки стволов на ремонтно-восстановительные работы.

Ствол «Сибиряк» находится в стадии незавершенного строительства. Ствол является скипо-клетьевым и по проекту должен заменить подработанные стволы «Северный» и «Ново-Капитальный». Ствол «Сибиряк» полностью пройден и армирован на глубину 1050 м. Проходка ствола осуществлялась в 1982 – 1990 гг., армировка – в 1991 – 1993 гг. Впоследствии ствол был заморожен, а в настоящее время в рамках реконструкции рудника рассматривается инвестпроект по вводу ствола «Сибиряк» в эксплуатацию.

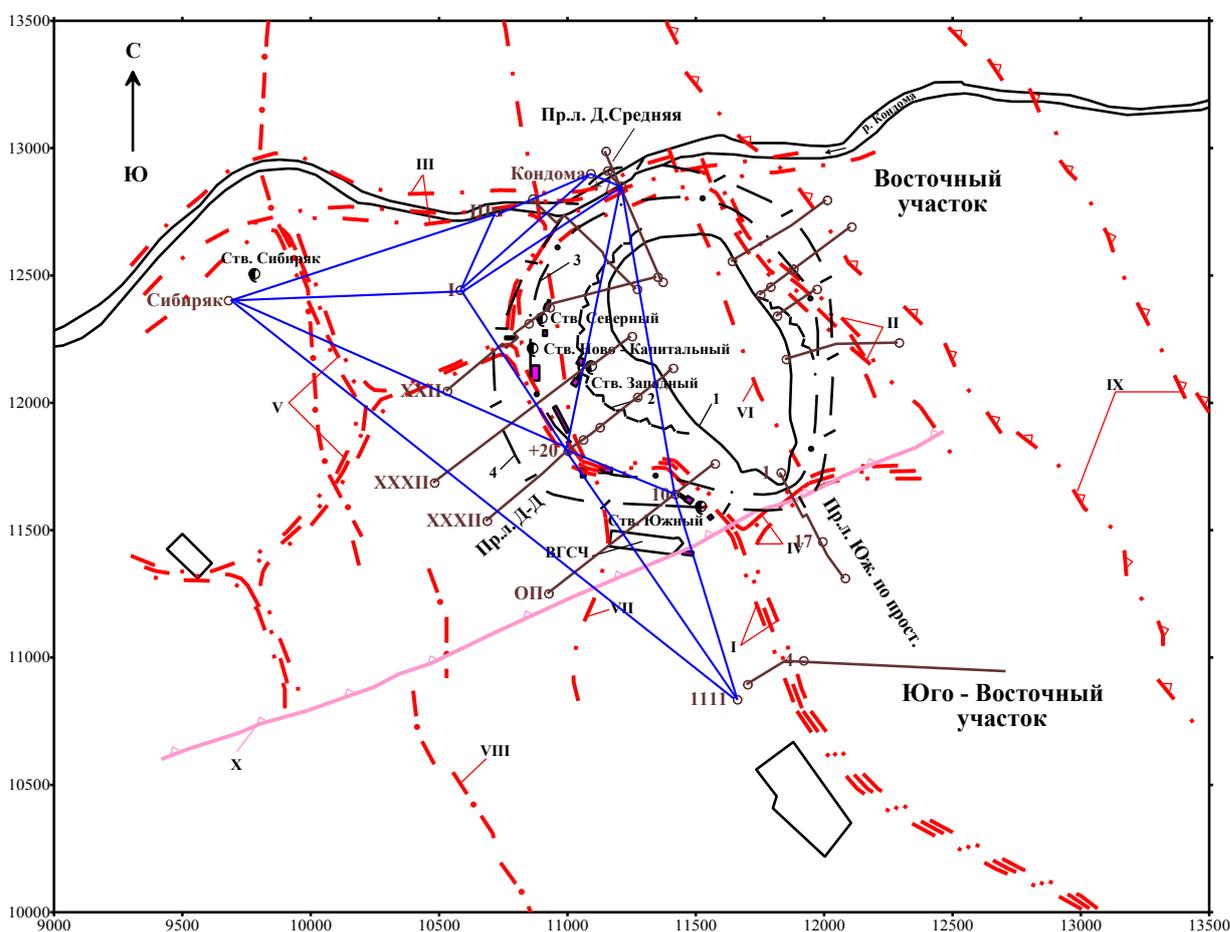


Рис. 1 – Схема структурных блоков Таштагольского месторождения и GPS-полигонов на основе наблюдательной станции на земной поверхности:

1, 2, 3, 4 – границы, соответственно, провала, зоны трещин, зоны опасных сдвижений, мульды сдвижения (границы влияния горных разработок); I – X – границы тектонических нарушений: I, II, III, IV, V – границы, выделенные МГУ (по данным А.А. Лукашова), соответственно, разломы «Холодный», «Нагорный», «Кондомский», «Шахтерский», в районе новой промплощадки; VI – диагональный разлом; VII – IX – границы, выделенные ГПП «Запсибгеология», соответственно, субмеридиональное нарушение, граница крупных блоков структур I-го порядка, надвиг в планах; X – сбросовые уступы (по данным Я.М. Грицюка)

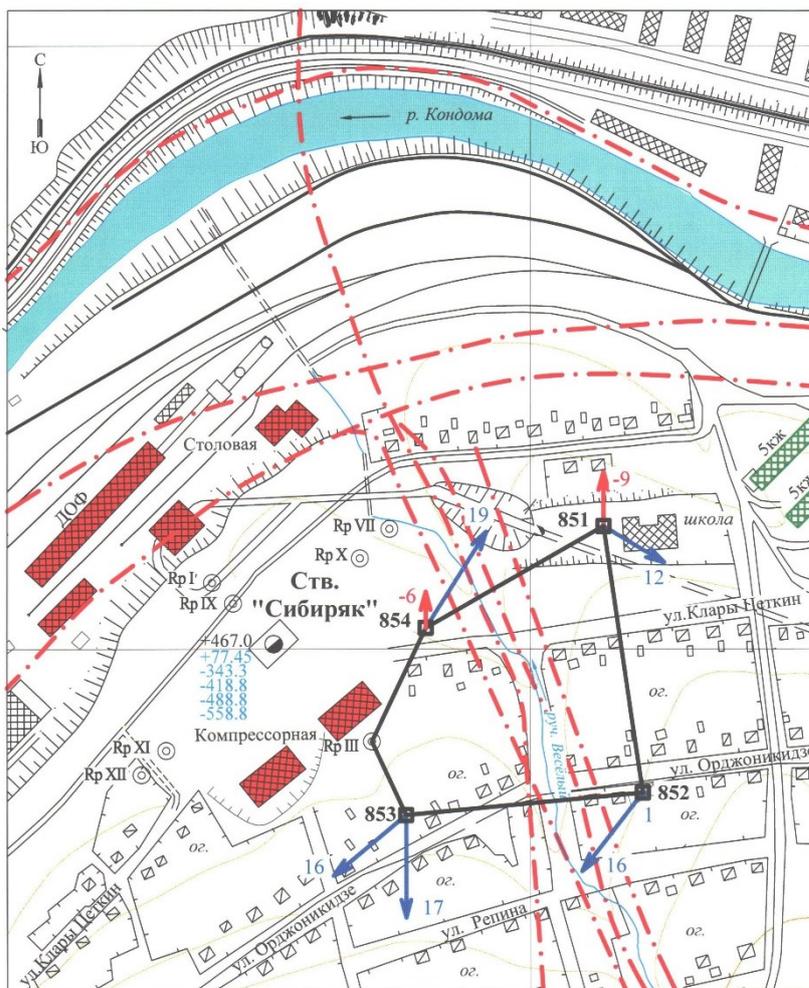


Рис. 3 – Схема геодинамического полигона КузПИ в районе ствола «Сибиряк» и векторы сдвижения за период 1986 – 1987 гг.

Анализ результатов наблюдений КузПИ

С целью определения динамического взаимодействия блоков в районе ствола «Сибиряк» КузПИ в 1985 г. на участке разлома «Веселый» осуществлена закладка 4-х реперов полигонометрии (реперы 853, 852, 851, 854 на рис. 2, 3), по которым от осевого репера ствола «Сибиряк» III ежегодно в период 1985 – 1987 гг. выполнялись геодезические измерения: полигонометрия 4-го класса точности (определение координат X и Y) и геометрическое нивелирование по методике 3-го класса точности (определение высотных отметок – координаты Z). По разности координат вычислены смещения реперов по периодам между наблюдениями, которые приведены в табл. 1 и на рис. 2, 3 в виде векторов смещения.

Таблица 1

Плановые и высотные смещения пунктов геодезической сети на разломе «Веселый»

Номера пунктов	Смещения пунктов, мм, по периодам наблюдений					
	1985 – 1986 гг.			1986 – 1987 гг.		
	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX	ΔY	ΔZ
853	-8	-7	-8	-10	-12	+17
852	-8	+2	+8	-13	-10	+1
851	-5	-10	-12	-6	+10	-9
854	-9	-20	-3	+16	+10	-6

Примечание. Знаки смещений: ΔX – "+" – увеличение координаты X (сдвижение на север), "-" – уменьшение координаты X (сдвижение на юг); ΔY – "+" – увеличение координаты Y (сдвижение на восток), "-" – уменьшение координаты Y (сдвижение на запад); ΔZ – "+" – оседание, "-" – поднятие.

Исполнителями исследований КузПИ отмечено, что по наблюдениям 1985 - 1987 гг. не удалось установить каких-либо закономерностей в поведении пунктов, вызванных влиянием горных работ или другими геодинамическими процессами.

Однако графическое отображение полученных КузПИ результатов в виде векторов смещения пунктов по периодам наблюдений (см. рис. 2, 3) показывает, что имеется некоторая взаимосвязь направления векторов смещения с границами тектонических нарушений. Так, в период с 1985 по 1986 г. наблюдалось растяжение участка разлома по ручью Веселый и поднятия – оседания различных бортов нарушения. Наиболее отчетливо смещения в вертикальной плоскости проявились на репере 853, который поднялся на 8 мм, и 852, где наблюдались оседания до 8 мм. В следующий период 1986 – 1987 гг. изменили свои направления векторы горизонтальных смещений на реперах 851, 852, 854, в результате чего произошло сжатие участка разлома по ручью со смещением практически вдоль разлома репера 851. Поднятия на реперах 851 и 854 сохранились и увеличились в целом за период 1985 – 1987 гг. до 21 мм на репере 851, а на репере 853 поднятия сменились оседаниями до 17 мм.

Таким образом, можно отметить, что все-таки в 1985 – 1987 гг. геодинамические движения в районе ствола «Сибиряк», хотя и не очень выраженные, имели место.

Анализ результатов наблюдений СибГИУ

Внедрение методов спутниковых наблюдений в исследования процессов сдвижения на различных объектах и в различных геологических условиях [5 – 9] позволило выявить геодинамические движения и оценить их влияние на эксплуатацию объектов.

Опираясь на эти исследования и актуальность определения величин и характера сдвижения горных пород в районе ствола «Сибиряк» как объекта жизненно необходимого для дальнейшей отработки Таштагольского месторождения, в период 2013 - 2017 гг. в районе ствола НИЦ «Геомеханика» СибГИУ организовали GPS-наблюдения. Основной целью этих наблюдений являлись исследования геодинамических движений горных пород и земной поверхности вне зоны влияния горных разработок Таштагольского месторождения и выявление короткопериодных движений. Для наблюдений использован один из осевых реперов ствола XII (условно названный «Сибиряк» на рис. 1), расположенный юго-западнее ствола (см. рис. 2, 3).

Пункт «Сибиряк» (репер XII) использовался в качестве одного из пунктов GPS-полигонов. В разные годы для GPS-наблюдений использовались от 4-х до 8-ми приемников фирмы Trimble, которые устанавливались на реперах профильных линий наблюдательной станции за сдвижением земной поверхности Восточного, Юго-Восточного и Северо-Западного участков месторождения. Для обеспечения высокой точности съемки пункты наблюдения размещались в наиболее благоприятных местах по условиям спутниковых наблюдений [10 – 12] в районах охраняемых объектов (АБК шахты, горнолыжный подъемник на горе Буланже, река Кондома, желдорпути, стволы «Южный» и «Сибиряк») в различных структурных блоках.

В процессе GPS-съемки накопление данных от спутников производилось непрерывно в течение 9 ч в период с 09:00 до 18:00 с интервалом 15 сек в один файл данных на каждом пункте, в которых при постобработке выделялись файлы по 20 мин и обрабатывались с использованием программного обеспечения Trimble Business Center. В результате обработки вычислялись координаты X , Y , Z и смещения пунктов в этих направлениях.

Параметры короткопериодных смещений реперов в GPS-полигонах по наблюдениям 2013 – 2017 гг. отображены графически (рис. 4), а максимальные их величины в районе ствола «Сибиряк» приведены в табл. 2.

В период 2013 – 2017 гг. в районе ствола «Сибиряк» зафиксированы величины короткопериодных смещений нетронутого массива, которые в 2016 – 2017 гг. существенно увеличились. Так, если в 2013 – 2015 гг. максимальные смещения составляли в

горизонтальной плоскости 8 – 19 мм, а в вертикальной – 20 – 22 мм, то в 2016 – 2017 гг. они возросли до 44 – 48 мм (см. табл. 2, рис. 4). Следует заметить, что уже в 2015 г. наблюдалось увеличение смещений в направлении оси X по сравнению с 2013 – 2014 гг.

Таблица 2

Короткопериодные смещения горных пород в районе ствола «Сибиряк» по данным спутниковых наблюдений

Дата наблюдений	Максимальные абсолютные смещения, мм, по направлениям		
	Ось X	Ось Y	Ось Z
16.07.2013	16	13	20
17.07.2014	11	13	22
11.07.2015	19	8	22
07.07.2016	44	20	44
10.07.2016	28	18	46
09.07.2017	47	15	48

В 2016 – 2017 гг. в целом по месторождению установлен высокий уровень короткопериодных смещений горных пород (рис. 5, 6), когда максимальные абсолютные короткопериодные смещения земной поверхности на характерных участках земной поверхности месторождения в зонах влияния горных разработок достигали 60 – 80 мм (табл. 3).

При наблюдениях 07.07.2016 основная сеть наблюдений создана в зоне возможного влияния горных разработок Северо-Западного участка и северного торца Восточного участка, а 10.07.2016 – в зоне возможного влияния массового взрыва панели 1-1 блока 2 в этаже (-70) – (±0) м на Юго-Восточном участке мощностью 70,59 т ВВ. Также 10.07.2016 одновременно с массовым взрывом в блоке 2 произведен технологический взрыв подсечки камеры 5 в блоке 15 – 17 на Северо-Западном участке мощностью 11,24 т ВВ.

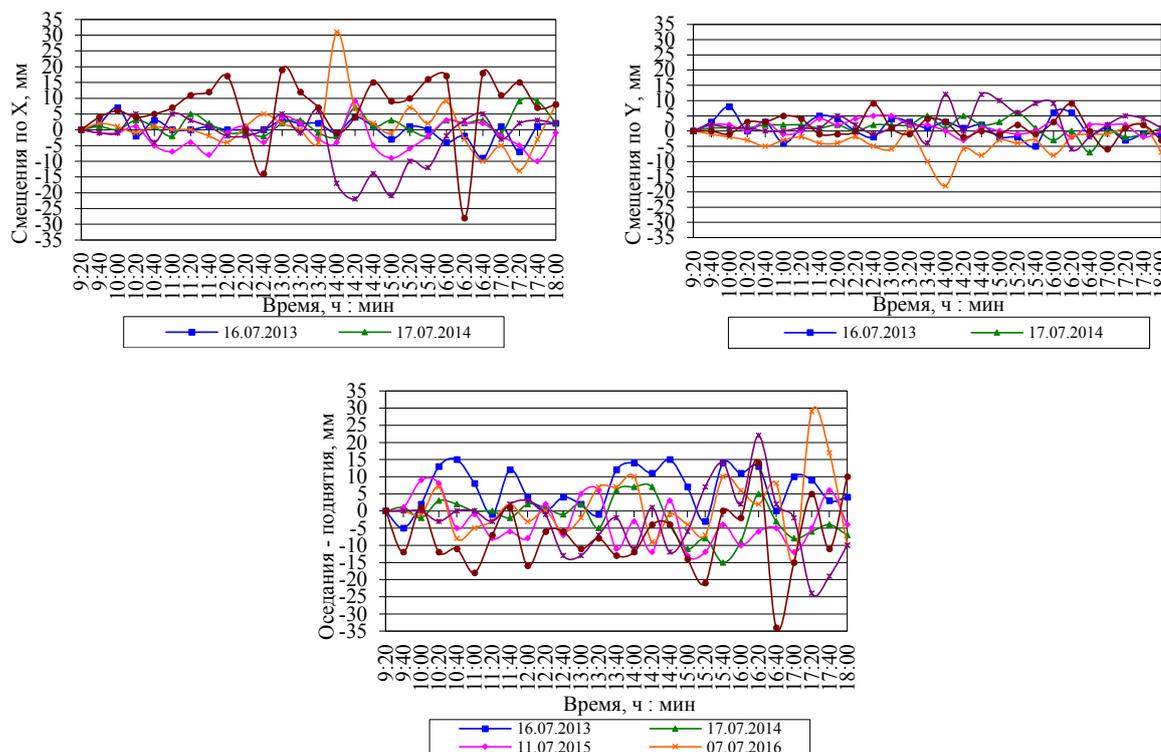


Рис. 4 – Короткопериодные смещения горных пород в районе ствола «Сибиряк» по наблюдениям 2013 – 2017 гг.

Таблица 3

**Максимальные абсолютные короткопериодные смещения
земной поверхности месторождения по наблюдениям 2016 - 2017 гг., мм**

Репер	07.07.2016			10.07.2016						09.07.2017		
	X	Y	Z	До взрыва			После взрыва			X	Y	Z
				X	Y	Z	X	Y	Z			
+20 Д-Д	24	14	34	4	8	20	30	32	68	38	15	50
+7 Д. Средняя	31	16	52	13	5	14	35	20	39	31	10	57
Кондома	26	11	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III СЗУ	24	14	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I СЗУ	26	13	42	-	-	-	-	-	-	26	15	52
10 Ю-Ю	14	15	44	-	-	-	-	-	-	34	25	61
3 Юж. по прост.	-	-	-	20	3	23	29	14	26	20	9	36
17 Юж. по прост.	-	-	-	25	8	30	21	34	80	-	-	-
4 Ю-В	-	-	-	15	5	33	15	6	18	15	8	21
Сибиряк	44	20	44	9	5	6	28	18	46	47	15	48
XXXII Д-Д	-	-	-	10	6	11	23	17	37	-	-	-

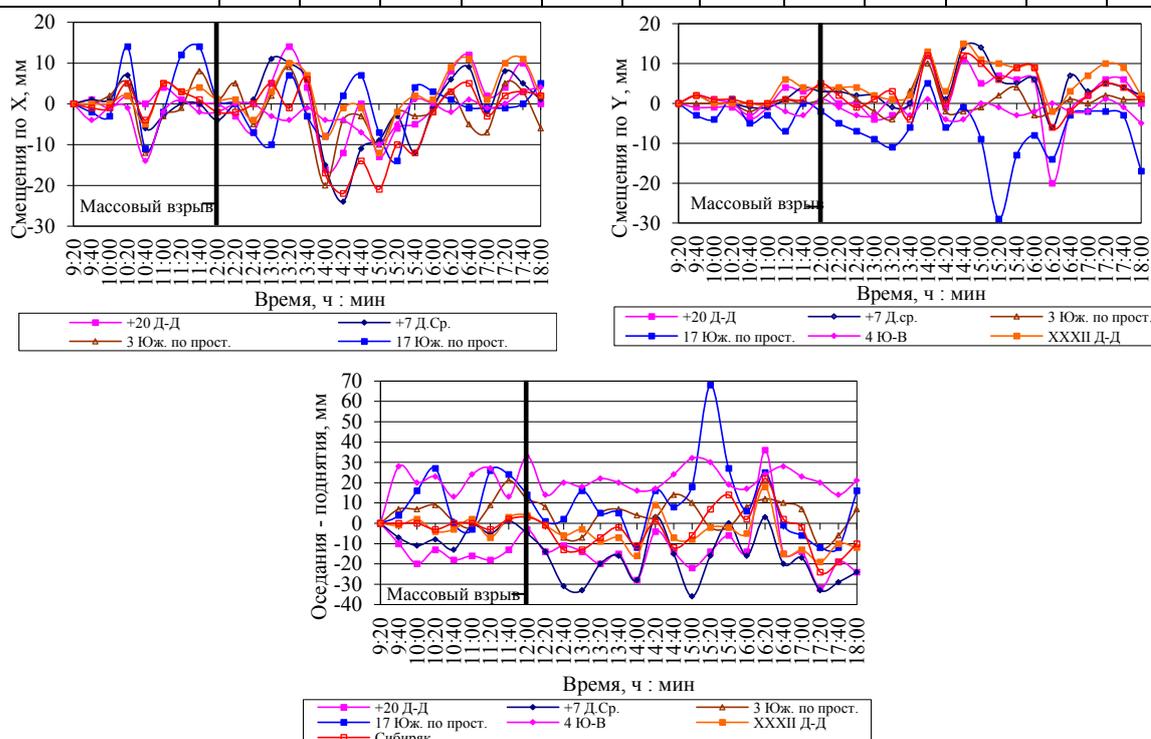


Рис. 5 – Короткопериодные смещения горных пород
Таштагольского месторождения, 10.07.2016

Высокий уровень короткопериодных смещений горных пород месторождения в этот период наблюдался как в зонах влияния тектонических разломов «Холодный» и «Кондомский» (реперы +20 линии Д – Д, +7 линии Д. Средняя, 10 линии Ю – Ю), так и на структурно не нарушенных участках (реперы I на Северо-Западном участке (СЗУ) и XXXII линии Д – Д).

В горизонтальной плоскости отмечено преобладающее развитие смещений в направлении оси X, которые в 2 раза и более превышали смещения в направлении оси Y. Выделялись периоды развития разнонаправленных максимальных смещений по X и Y, что вызывает развитие горизонтальных смещений в направлении действия максимальных напряжений в нетронутом массиве или к сдвигу по плоскостям разломов.

На репере XXXII профильной линии «Д – Д» в 2016 г. также наблюдались геодинамические движения, максимальные из которых достигали 17 – 37 мм. Однако эти смещения меньше, чем смещения в районе ствола «Сибиряк», что, по-видимому, обусловлено различным структурным строением мест размещения этих реперов: ствол «Сибиряк» – вблизи Кондомского разлома и тектонического нарушения по ручью Веселый, репер XXXII – на относительно не нарушенном участке горных пород.

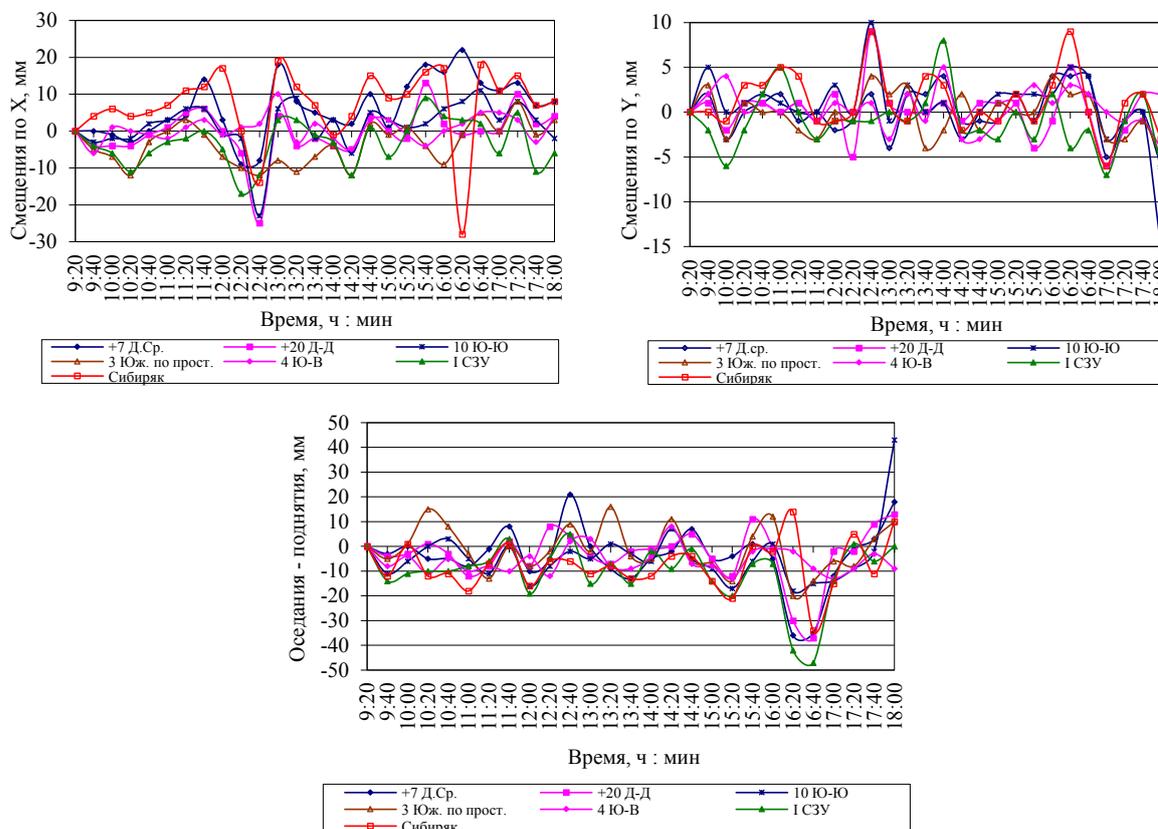


Рис. 6 – Короткопериодные смещения горных пород Таштагольского месторождения, 09.07.2017

Наблюдениями 10.07.2016 в период проведения массового (панель 1-1 блока № 2 в этаже (-70) – (± 0) м на Юго-Восточном участке мощностью 70,59 т ВВ) и технологического (подсечка камеры 5 в блоке 15 – 17 на Северо-Западном участке мощностью 11,24 т ВВ) взрывов подтверждено влияние массового взрыва на сдвигание земной поверхности: смещения до взрыва существенно меньше, чем после взрыва (см. табл. 3). Максимальные смещения зафиксированы на репере 17 профильной линии «Южная по простиранию», где после взрыва в 3 – 4 раза увеличились вертикальные смещения и смещения в направлении оси Y . Надо отметить, что на Юго-Восточном участке и до взрыва наблюдались высокие сдвигания в направлении оси X и по вертикали, что характеризует высокие напряжения в массиве горных пород участка. Это подтверждается и результатами традиционных наблюдений по реперам вдоль трассы подъемника, где накануне 05.07.2016 были зафиксированы сжатия земной поверхности до 60 мм и поднятия до 30 мм. Максимальные смещения на репере 17 вполне закономерны, т. к. он расположен ближе остальных наблюдаемых реперов к очистному пространству Юго-Восточного участка. Угол влияния очистного пространства на репер 17 составляет 60° , а на репер 4 Ю-В – 74° .

Также прослеживается некоторая взаимосвязь проявления высокоамплитудных короткопериодных смещений на земной поверхности и толчков в массиве горных пород.

Так, при наблюдениях 2016 – 2017 гг. сейсмостанцией рудника зафиксированы сейсмические события (табл. 4), в периоды проявления которых в массиве наблюдались упорядоченные смещения одного направления практически по всем реперам (см. рис. 5, 6).

Таблица 4

Сейсмические события в период спутниковых наблюдений 2016 - 2017 гг.

Дата	Время	Координаты, м			Класс	Место проявления
		X	Y	Z		
2016 год						
07.07.2016	08:39:40	12617	11089	-179	1,9	Восточный участок, орт 04, запад
07.07.2016	10:32:21	12634	11199	-211	2,0	Восточный участок, орт 02, центр
07.07.2016	13:18:03	12733	11264	-310	2,7	Восточный участок, орт 02, восток
07.07.2016	16:05:37	12646	11108	-144	2,0	Восточный участок, орт 04, запад
10.07.2016	08:54:38	12656	11180	-170	3,4	Восточный участок, орт 03, центр
10.07.2016	12:00:51	12626	10835	-167	1,6	Северо-Западный участок, орт 12, центр
10.07.2016	12:00:56	12623	10851	-284	1,8	Северо-Западный участок, орт 13-14, юг
10.07.2016	12:01:03	12669	10831	-351	2,1	Северо-Западный участок, орт 14, центр
10.07.2016	13:07:55	11035	12209	-7	2,8	Юго-Восточный участок, штрек 3, север
10.07.2016	17:53:44	10816	12320	-14	3,8	Юго-Восточный участок, штрек 2-ЮКК
2017 год						
08.07.2017	11:19:58	12653	11233	-237	4,1	Восточный участок, орт 01-02, центр
08.07.2017	22:52:58	13397	11203	-330	1,7	Восточный участок, за шах. полем, север
09.07.2017	02:17:58	12756	11612	-561	3,2	Восточный участок, за шах. полем, восток
09.07.2017	10:01:10	12600	11164	-246	2,7	Восточный участок, орт 02, запад
09.07.2017	12:10:49	12744	11498	-508	3,6	Восточный участок, за шах. полем, восток
09.07.2017	12:11:14	12720	11521	-273	1,1	Восточный участок, за шах. полем, восток
09.07.2017	12:53:25	12756	11560	-322	1,4	Восточный участок, за шах. полем, восток
09.07.2017	12:55:14	12687	11486	-461	1,7	Восточный участок, за шах. полем, восток
09.07.2017	13:35:33	12322	11343	-329	2,1	Восточный участок, орт 11-12, запад
09.07.2017	16:55:17	12639	11152	-180	1,4	Восточный участок, орт 03, запад

Характерно, что из 11 толчков, зафиксированных 8 и 9 июля 2017 г., более 50 % произошло во вмещающих породах вне шахтного поля. Большая часть толчков произошла в зоне влияния разломов Нагорный и Диагональный и отличалась значительной глубиной проявления и более высокой сейсмической энергией. Периоды проявления толчков соответствуют периодам скачкообразного изменения смещений горных пород, которые отражают процессы пригрузки – разгрузки вмещающих пород или района ведения горных работ (период наблюдений с 12:00 до 13:00 – 4 толчка вне шахтного поля). Периоды активизации смещений горных пород с 16:00 до 17:00 и в 18:00 на тектонических разломах, особенно разнонаправленных смещений по разлому Холодному, соответствуют проявлению толчков в лежачем боку рудной зоны Восточного участка, в том числе и в районе разлома Холодный.

В целом за период GPS-наблюдений 2006 – 2017 гг. на разломах Таштагольского месторождения выделяются смещения 2006 – 2007 гг. и 2010 – 2011 гг., когда максимальные смещения достигали 120 мм и были зафиксированы на большей части земной поверхности в зоне влияния горных разработок. Характерно, что в отмеченные периоды на

месторождении наблюдалось и проявление крупных толчков, микроударов, горных ударов [13]. Снижение активности геодинамических движений на разломах соответствует и снижению проявлений сейсмособытий высокого энергетического класса и разрушительной силы.

Заключение

Анализ результатов инструментальных наблюдений сдвижений горных пород в районе ствола «Сибиряк» и в целом Таштагольского месторождения показал, что зафиксированные в районе ствола смещения характеризуют геодинамические движения и обусловлены природными процессами, происходящими в районе месторождения.

Основными факторами, влияющими на геодинамические движения породного массива и их активизацию в 2016 – 2017 гг., являлись высокая сейсмическая активность района Таштагольского месторождения и региона Горной Шории в целом, тектоническая нарушенность массива горных пород и взрывное воздействие на этот массив.

Повышение уровня геодинамической активности в районе ствола в условиях возобновления работ по его пуску в эксплуатацию свидетельствует о необходимости мониторинга геодинамических процессов в районе надшахтного комплекса ствола и, вероятно, закладки специальной наблюдательной станции с организацией инструментальных наблюдений за сдвижением земной поверхности.

Литература

1. Лобанова Т.В. Разработка научно-методических основ геомеханического обеспечения подземной отработки железорудных месторождений Сибири в геодинамически активном регионе: дис. ... д-ра техн. наук: 25.00.20: защищена 02.10.2009: утв. 12.02.2010 / Т.В. Лобанова. – Новокузнецк, 2009. – 347 с.
2. Петухов И.М. Геодинамика недр / И.М. Петухов, И.М. Батугина. – М.: Недра, 1996. – 217 с.
3. Петухов И.М. Геодинамика недр / И.М. Петухов, И.М. Батугина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра коммюникейшнс ЛТД, 1999. – 256 с.
4. Лукашов А.А. Геоморфологический анализ при поисках и промышленном освоении рудных месторождений: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук: 11.00.04: защищена 17.05.1990 / А.А. Лукашов. – М., 1990. – 59 с.
5. Сашурин А.Д. Современная геодинамика и безопасность объектов недропользования / А.Д. Сашурин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 10. – С. 329 - 332.
6. Деформационные предвестники техногенных землетрясений при разработке месторождений углеводородов / Ю.А. Кашников, С.Г. Ашихмин, В.Г. Букин, С.В. Гришко, И.В. Гетманов, С.Л. Одинцов, А.В. Горбатиков // ФТПРПИ. – 2011. – № 4. – С. 40 - 49.
7. Панжин А.А. Пространственно-временной геодинамический мониторинг на объектах недропользования / А.А. Панжин // Горный журнал. – 2012. – № 1. – С. 39 - 43.
8. Панжин А.А. Диагностика современной геодинамической активности массива на шахтах Донского ГОКа / А.А. Панжин, В.И. Ручкин // Маркшейдерия и недропользование. – 2013. – № 6 (68). – С. 32 - 35.
9. Воздействие современных геодинамических движений на устойчивость бортов карьеров / А.Д. Сашурин, В.А. Бермухамбетов, А.А. Панжин, С.В. Усанов, В.Е. Боликов // Проблемы недропользования. – 2017. – № 3. – С. 38 - 43.
10. Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАС и GPS / Под ред. Л.В. Неверова: утв. приказом рук. Федеральной службы геодезии и картографии России 18.01.2002. № 3-пр: ввод в действие с 01.03.2002. – М.: ЦНИИГАиК, 2002. – 69 с.



11. Руководство по эксплуатации 4600 LS Surveyor. Part Number: 27564-00. – Редакция А, 1995. – 95 с.
12. Руководство пользователя. Приемник Trimble R4 GPS (GNSS). Версия 4.11. – Редакция А, 2009. – 81 с.
13. Лобанова Т.В. Сдвигение горных пород Таштагольского месторождения как отражение геодинамических процессов / Т.В. Лобанова // Вестник СибГИУ. – 2012. – № 1. – С. 16 -22.