

УДК 622.831.3

**Ручкин Владимир Игоревич**

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

**Ruchkin Vladimir I.**

researcher,  
Institute of Mining,  
Ural Branch, Russian Academy of Sciences,  
620075, Yekaterinburg,  
Mamin-Sibiryak st., 58  
e-mail: [ruchkin.vi@gmail.com](mailto:ruchkin.vi@gmail.com)

**Желтышева Ольга Дмитриевна**

младший научный сотрудник,  
Институт горного дела УрО РАН,  
e-mail: [OlgaZheltysheva@gmail.com](mailto:OlgaZheltysheva@gmail.com)

**Zheltysheva Olga D.**

junior researcher  
Institute of Mining,  
Ural Branch, RAS  
e-mail: [OlgaZheltysheva@gmail.com](mailto:OlgaZheltysheva@gmail.com)

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ  
НА ДИНАМИКУ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОР-  
МИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД****THE EFFECT OF TECHNOGENIC LOAD ON  
THE DYNAMICS OF STRESS-STRAIN  
STATE OF ROCK MASS***Аннотация:*

*В данной статье отражено поэтапное развитие динамических движений в массиве горных пород, где ключевая роль в динамике массива принадлежит техногенным нагрузкам, преобладающим над тектоническими.*

*Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, массив горных пород, отвал горных пород, искусственный массив, горизонтальные деформации, вертикальные деформации, зоны опасных деформаций*

*Abstract:*

*This article represents gradual development of dynamic movements in rock mass. Key role in the dynamics of the rock mass belongs to technogenic loads, prevailing over tectonic loads.*

*Key words: stress-strain state, rock mass, dump, artificial massif, horizontal deformations, vertical deformations, zones of dangerous deformations*

Термин «искусственный массив» вполне подходит к висячему боку Естюнинского месторождения. Оработка месторождения железных руд до 1976 г. велась открытым способом, а начиная с 1977 г. ведется подземным способом. При открытой разработке месторождения на висячем боку рудного поля был сформирован отвал горных пород.

К настоящему времени подземным способом полностью отработаны запасы трех горизонтов, два горизонта -120 м и -180 м на стадии доработки, действующим является только один горизонт -240 м (рис. 1). Отрабатываемые рудные тела залегают в крепких скальных породах с коэффициентом крепости по Протодяконову  $f=14\div 18$ , мощность рудных тел составляет от 5 до 15 м. Рудные тела на начальном этапе отрабатываются с оставлением целиков с последующим погашением пустот. Подземными горными выработками на южном фланге месторождения было подсечено тектоническое нарушение. Помимо этого, по данным, представленным местной геологической службой, массив представляет собой геологическую среду, имеющую разноранговые тектонические нарушения (см. рис. 1). Таким образом, сформировался искусственный горный массив, представляющий собой породную консоль протяженностью более одного километра, на поверхности которой расположен отвал горной породы, а в ее основании помимо этого ведется еще и подземная оработка месторождения. Следовательно, рассматриваемый массив уже не является естественным горным массивом.

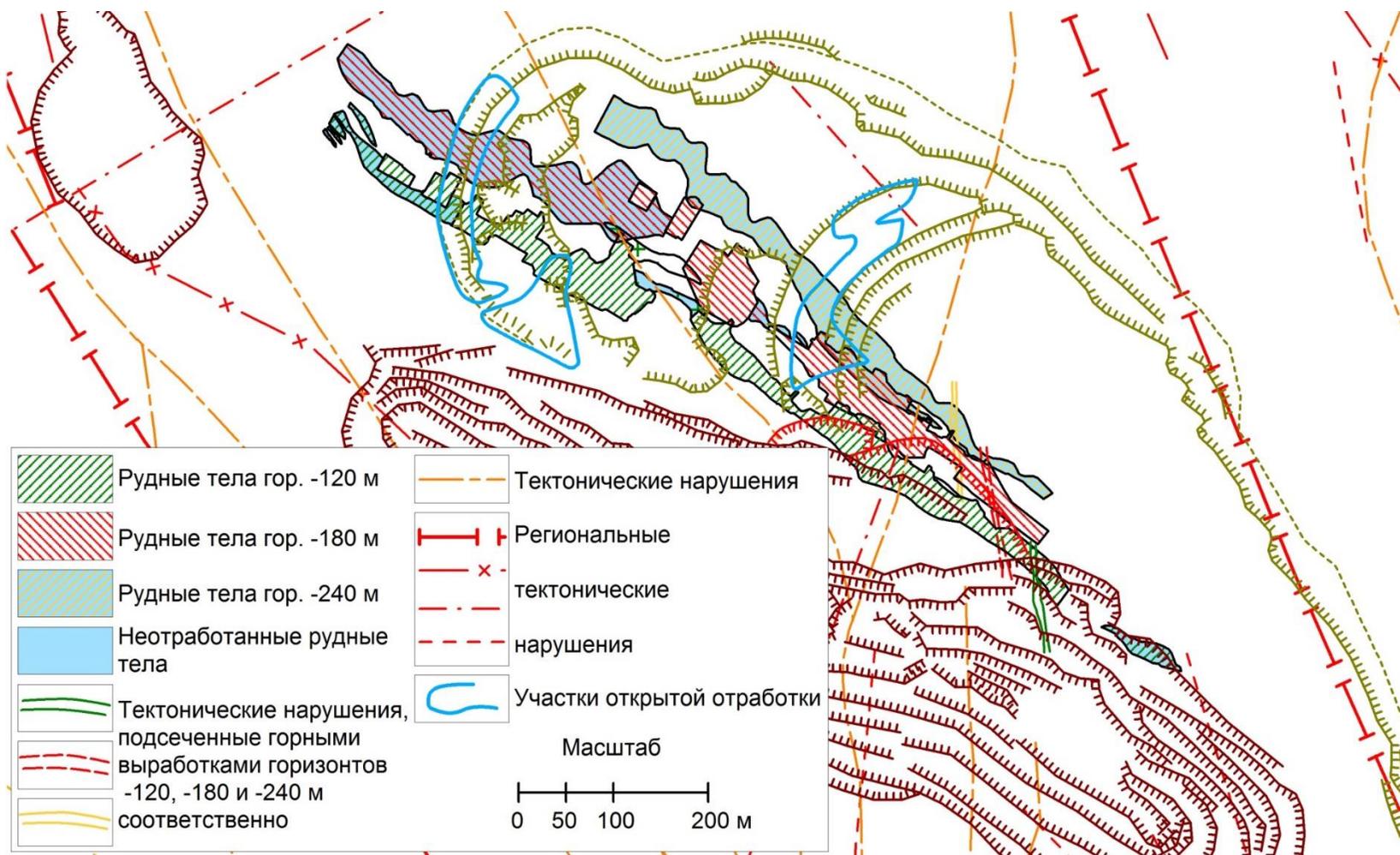


Рис. 1 - Схема расположения рудных тел, тектонических нарушений и участков, принятых к открытой отработке

В связи с увеличением плана добычи на Высокогорском ГОКе было принято решение начать отработку техногенных месторождений открытым способом. Данные месторождения в количестве трех единиц расположены на вышеуказанном «искусственном» массиве горных пород. На нем начиная с 1996 г. в режиме мониторинга с периодичностью один раз в год проводится комплекс инструментальных наблюдений, состоящий как из традиционных геодезических измерений, так и из наблюдений методом спутниковой геодезии (с 2001 г.). Наблюдения проводятся по грунтовым реперам профильных линий наблюдательной станции (рис. 2). Кроме того, на базе данной станции из части грунтовых реперов и пунктов шахтной полигонометрии был создан геодинاميческий полигон.

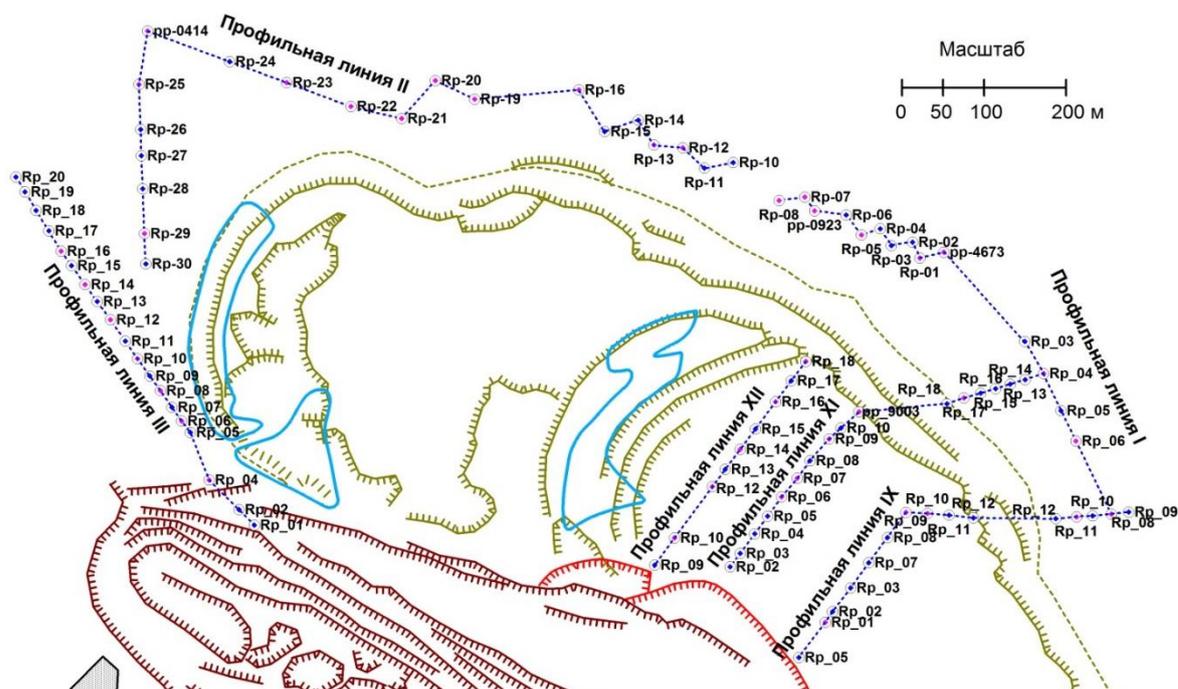


Рис. 2 - Схема расположения профильных линий

По результатам инструментальных наблюдений в 2001 г. была зафиксирована незначительная активизация процесса сдвижения подработанной толщи висячего бока. Зона, характеризующая границу мульды сдвижения на дневной поверхности, практически приблизилась к аналитически рассчитанной отметке. Зоны опасных деформаций, как горизонтальных, так и вертикальных, не имели постоянной фиксации в пространстве. Сама зона обрушения осталась в границах начального периода наблюдения (1996 г.), но один грунтовый репер профильной линии XII, расположенной на отвале горной породы, пропал – на месте его закладки на момент выполнения измерений было только ровное отверстие, диаметр которого соответствует диаметру реперов.

Репера с № 1 по 5 данной профильной линии были заложены в естественном массиве между отвалом и бортом карьера, и северо-западнее от них на некотором расстоянии наблюдались трещины раскрытия, но при этом граница зоны обрушения оставалась на прежнем месте. С развитием объема очистных работ процесс сдвижения еще не получил существенного развития в горном массиве в соответствии с расчетами, но в этот момент времени фиксировались плавные расширения зоны обрушения, которые заключались в том, что по реперам № 1 – 5 уже не представлялось возможным проводить наблюдения, так как массив был обильно покрыт трещинами. Граница зоны опасных вертикальных деформаций опережает границу зоны горизонтальных опасных деформаций, граница мульды сдвижения вышла за пределы профильных линий.

Таким образом, наглядно прослеживается активизация развития процесса сдвижения в массиве, но под массивом мы понимаем естественный массив горных пород, а в данном случае над ним расположен отвал горных пород. Следовательно, наблюдается развитие процесса в естественном горном массиве, активное проявление которого на дневную поверхность сдерживает отвал. Эта динамика хорошо прослеживается по временным показателям: с 1996 по 2001 г. – хаотичное проявление тех или иных зон, характеризующих этапы формирования зон сдвижения, 2001 – 2005 гг. – потеря реперов (№ 1 – 5) в массиве, потеря репера на самом отвале, устойчивое формирование границы опасных деформаций, выход за пределы профильных линий границы мульды сдвижения. Следовательно, в этом «искусственном массиве» начинают активно протекать процессы сдвижения, но в замедленной форме благодаря наличию отвала горных пород. Кроме того, из результатов инструментальных наблюдений было установлено, что наблюдательная станция уже не удовлетворяет требованиям Инструкции [2]. Было принято решение реконструировать наблюдательную станцию, теперь она не только охватывала отвал, но и располагалась в естественном массиве между подошвой отвала и поселком Естюниха, т. е. практически весь периметр всяческого бока месторождения стал подконтрольным в свете развития процесса сдвижения в горном массиве.

При выполнении наблюдений 2011 г. во время рекогносцировки было установлено, что репера № 8 и 11 по профильной линии XII пропали аналогично реперу в 2001 г. После обработки результатов полевых наблюдений было выявлено, что территория отвала горных пород, контролируемая тремя профильными линиями, подвержена активному оседанию: массив под отвалом горных пород полностью находится в разуплотненном состоянии. Зона критических горизонтальных и вертикальных деформаций с величинами, превышающими нормативные значения ( $i = 4 \cdot 10^{-3}$ ,  $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-3}$ ), пока установлена на отвале пустых пород. За период наблюдения с 2005 по 2011 г. была выявлена сильная активность в развитии полного спектра процесса сдвижения подотвального массива и, как следствие, проявление сдвижения на поверхности отвала в виде активизации горизонтальных подвижек и разуплотнения «искусственного массива».

При выполнении полевых работ летом 2012 г. было установлено, что до репера № 9 профильной линии XII произошло обрушение всего массива горных пород, а следовательно, и отвала (рис. 3, 4). В связи с этим доступ в район обрушившегося участка на тот момент был невозможен. На него удалось попасть только в декабре 2012 г. после соблюдения некоторых формальностей. По результатам рекогносцировки было установлено, что по линии XII потеряны репера № 16 и 17, т. е. реперы, расположенные в непосредственной близости от края отвала. Также было потеряно по одному реперу на линиях IX и XI на отвале пустых пород. Помимо этого на отвале хорошо прослеживались проталины на общем фоне заснеженного отвала; из них местами поднимался пар [3, 4].

По результатам последней серии наблюдений вырисовывается следующая картина развития процесса оседания горного массива, превышающего объем выработанного пространства: граница мульды сдвижения очень быстро покинула пределы реконструированной профильной линии. Оседая, отвал выдавливает массив, расположенный на северо-восточном фланге в зоне тектонических неоднородностей, то же самое наблюдается и по фронту отвала, только с меньшей интенсивностью – сказывается положение реперов линии относительно рудного тела. Дневная поверхность северо-западного фланга, контролируемая линиями III и IV, расположенными на некотором удалении от отвала, по результатам наблюдений, подвержена оседанию. Развитие процесса сдвижения массива горных пород на данном участке в отличие от других происходит по классической схеме – оседание благодаря отсутствию техногенной нагрузки. Если данная нагрузка в какой-то мере и оказывает влияние на общий процесс развития сдвижения в виде знакопеременных величин, то оно очень незначительное и его можно проследить только в наименьшие периоды наблюдений при сравнении с сериями данного цикла.

Следовательно, в массиве активизировался процесс деформаций – как вертикальных, так и горизонтальных, наблюдаются непостоянные, имеющие миграционный характер движения границы зон и знакопеременные величины напряженно-деформированного состояния массива. Об этом свидетельствуют непостоянные величины векторов горизонтальных смещений, которые, однако, придерживаются примерно одного направления – в сторону подсеченного тектонического нарушения. Это касается массива, расположенного над горными выработками, тогда как в горном массиве, расположенном в стороне от выработок или на фланге рудного тела, наблюдается не только резкое изменение величин горизонтальных сдвижений массива, но и изменчивость направления векторов сдвижения.



Рис. 3 - Космический снимок территории Естюнинского месторождения:  
а – до обрушения 2012 г.; б – после обрушения 2012 г.



Рис. 4 - Зона обрушения, сформировавшаяся в 2012 г.

Следовательно, можно заключить, что геологическая среда рассматриваемого массива под воздействием техногенных напряжений вызывает перераспределение естественных напряжений, и весь этот комплекс оказывает негативное влияние на межблоковые связи. Отсюда по результатам инструментальных измерений наблюдаются разного рода «нестандартные» величины горизонтальных сдвижений и знакопеременный характер напряженно-деформированного состояния массива.

### Литература

1. Геология СССР. Т. XII. - М.: Недра, 1973. – 632 с.
2. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. Утв. Госгортехнадзором СССР. 03.06.1986. - М.: Недра. - 112 с.
3. Мониторинг деформаций поверхности всячего бока Естюнинского месторождения: отчет о НИР // рук. А.Д. Сашурин, С.В. Усанов; ИГД УрО РАН. – Екатеринбург, 2012. – 67 с.
4. Диагностика геодинамической активности горных пород Естюнинского месторождения, мониторинг и прогноз развития процесса сдвижения при его отработке: отчет о НИР // рук. А.Д. Сашурин; ИГД УрО РАН. – Екатеринбург, 2005. - 136 с.