

УДК 622.831.232 : 001.891.5

Замятин Алексей Леонидович
младший научный сотрудник отдела геомеханики
Институт горного дела УрО РАН
620219, г. Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, д. 58
e-mail: A.zamyatin@mail.ru

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ
МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД
НА ОБЪЕКТАХ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ***

Аннотация:

Разработаны исходные данные для проектирования оптимальной схемы и методики мониторинга деформационных процессов в откосных сооружениях и прибортовых массивах карьера «Восточный», обеспечивающие достижение максимальных значений углов наклона бортов карьера за счет полного контроля процессов деформирования и оперативного принятия корректирующих мер по сохранению устойчивости. Проведены инженерно-геодезические полевые исследования по определению техногенных смещений геодезических пунктов, трендовых геодинамических смещений геодезических пунктов, циклических короткопериодных геодинамических движений и геофизические полевые работы по исследованию структуры массива горных пород и предварительной оценке геодинамической активности тектонических нарушений

Ключевые слова: деформация массива, массив горных пород, разломная зона, геофизические исследования, современная геодинамика, мониторинг

Zamyati Alexey L.
junior research worker,
department of Geomechanics
The Institute of Mining UB RAS,
620219, Yekaterinburg,
Mamin-Sibiryak st., 58
e-mail: A.zamyatin@mail.ru

**ROCK MASS EXPERIMENTAL STUDIES
AT THE OBJECTS MINERAL RESOURCES
EXPLOITATION**

Abstract:

The purpose of the work was producing initial data for designing the optimal scheme and methodology for monitoring deformation processes in sloping structures and near-pit edge rock mass of the "East" open pit, providing the attainment of pit edge slopes maximum values due to complete control of deformation processes and undertaking efficient corrective measures for keeping up stability. Geodetic-engineering field studies on determining technogenous displacements of survey stations, trend survey stations geo-dynamic displacements as well as cyclic short-periodical geo-dynamic movements were performed. Besides, geo-physical field works on studying rock mass structure and the preliminary assessment of tectonic faults geodynamic activity were carried out

Key words: rock mass deformation, rock mass, fracturing zone, geo-physical studies, up-to-date geodynamics, monitoring

Геофизические исследования на Олимпиадинском месторождении согласно имеющимся материалам проводились в 80-х годах прошлого века в процессе проведения геологоразведочных работ. На настоящий момент времени в пределах контура отработки карьера «Восточный» имеется достаточно подробная информация о структурно-тектоническом строении участка и его геологическом строении. Специалистами Института горного дела УрО РАН были проведены исследования по оценке современной геодинамической активности района и разработаны рекомендации по оценке и прогнозу устойчивости прибортового массива горных пород карьера. Согласно программе были проведены полевые инженерно-геофизические исследования структуры массива горных пород для предварительной оценки геодинамической активности тектонических нарушений, изучения структурных неоднородностей массива на глубину и разработки рекомендаций по мониторингу структурных изменений массива горных пород в наиболее неблагоприятных с точки зрения тектонической нарушенности участках [1]. Главная задача проведенных геофизических исследований заключалась в определении геомеханического состояния бортов карьера «Восточный» в области влияния тектонических нарушений, изучении свойств тектонических нарушений и определении положения границ тектонических нарушений в плане [4].

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 14-05-00324)

Для исследований структурного строения бортов карьера в области развития тектонических нарушений и на целике между карьерами «Восточный» и «Западный» использованы следующие методы: спектральное сейсмопрофилирование (ССП) – для оценки структурно-тектонического строения и состояния бортов карьера на глубину до 200 м; электрометрия, в площадном варианте срединного градиента (СГ) – для определения границ тектонических нарушений в плане. Аппаратурно-методический комплекс ССП позволяет выявлять зоны тектонических нарушений [2]. Сущность метода описана по материалам его разработчика [5]. В результате корректировки плана полевых работ были проведены исследования методами ССП и СГ с высокой детальностью на 6 участках карьера «Восточный», представляющих наибольший интерес с точки зрения тектонической нарушенности.

Спектральное сейсмозондирование произведено на шести участках по 21 профильной линии длиной от 350 до 500 м, расположенных в верхних и средних частях борта. Расстояние между точками зондирования составляет 5 м. Расположение некоторых профильных линий ССП приведено на рис. 1. Глубина зондирования методом ССП составляет 150 м от поверхности уступов, этого достаточно для диагностики структурного строения борта карьера.

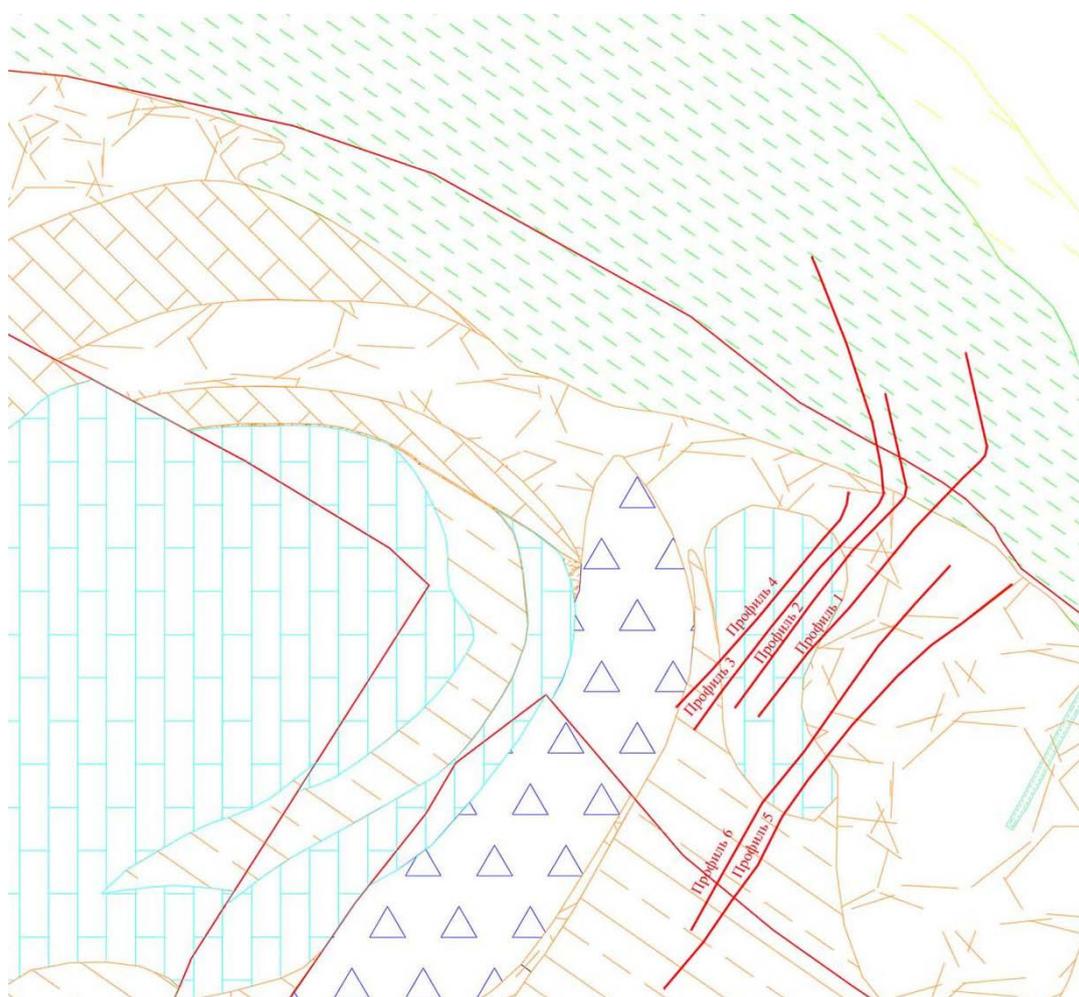


Рис. 1 – Схема расположения профильных линий ССП на восточном борту карьера

Тектоническое нарушение, выходящее на восточный борт карьера, исследовалось по 6 профильным линиям. Один из спектральных сейморазрезов по этому участку приведен на рис. 2. Интерпретация рабочих материалов показала, что практически все уступы имеют сходное структурно-тектоническое строение. До глубины 30 – 40 м уступ имеет сильнотрещиноватую структуру, связанную с проведением вскрышных работ.

Границы геологических разностей пород выделяются распространением поверхностей с нарушенным сцеплением на глубину более 150 м и не более чем по трем-четырем точкам зондирования в зависимости от угла наклона и нарушенности контакта. Области простираения тектонических нарушений обладают более нарушенной структурой, особенно на границах разностей пород с тектоническими нарушениями. По профилю № 1 такая граница выделяется особенно ярко в районе пикета 300 м на контакте известняков с сильнотрещиноватой зоной разлома [3].

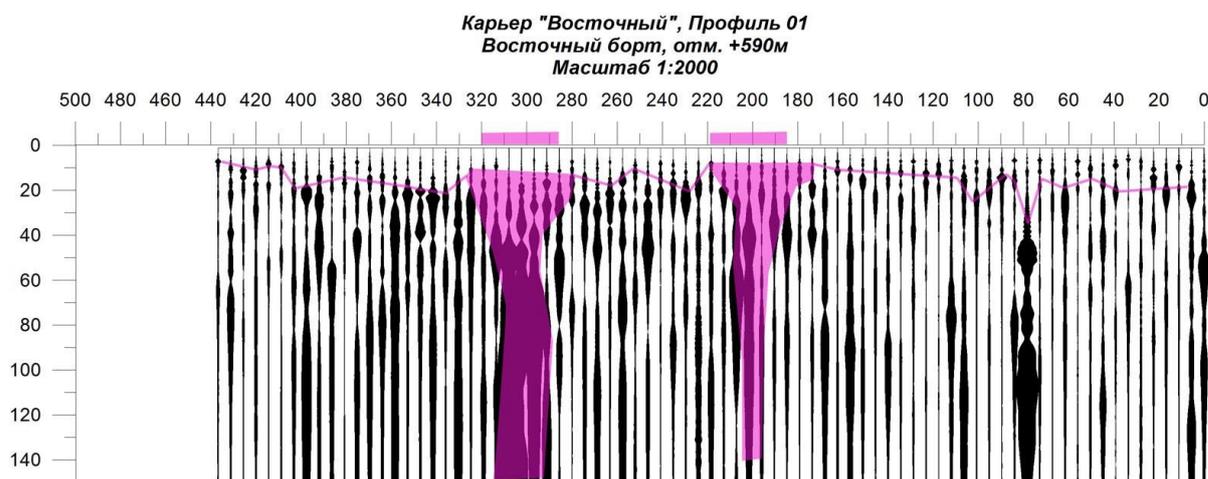


Рис. 2 – Результаты геофизических исследований массива горных пород

Исследования, проведенные методом ССП на карьере «Восточный», показали, что прибортовой массив имеет различную структуру [5]. Зона повышенной трещиноватости уступов распространяется на глубину от 20 до 40 м, погружаясь в местах сочленения геологических разностей пород и на тектонических контактах значительно глубже. Приповерхностная трещиноватость связана, прежде всего, с ведением горных работ. Тектонические контакты представлены субвертикальными поверхностями скольжения с низкой степенью спайности, а глубина распространения зоны дезинтеграции, связанной с их подвижностью, превышает 100 м.

Тектоника и контакты геологических разностей хорошо прослеживаются методом ССП на уступах. В связи с этим, наблюдательные станции для мониторинга структурных изменений массива горных пород в прибортовой части карьера следует закладывать на зачищенных уступах, не используемых для движения автотранспорта.

Расположение планшетов электроразведки методом срединного градиента совпадает с расположением профилей спектрального сейсмопрофилирования. Количество планшетов 9. Геоэлектрическая модель по одному планшету с указанием высоты уступа, по которому проводилось зондирование, приведена на рис. 3. Как показали результаты исследований методом СГ [3], массив горных пород карьера «Восточный» обладает высоко дифференцированными электрическими свойствами. Величина кажущегося удельного электрического сопротивления варьируется от менее 100 Омм в зонах тектонических нарушений до более чем 2200 Омм в крепких известняках. Контакты очень резкие, что подтверждает их практически вертикальное падение. Низкие значения сопротивлений в пределах тектонических зон доказывают их повышенную трещиноватость в совокупности с высокой обводненностью.

Восточный участок карьера исследовался четырьмя планшетами (см. рис. 3). Большая часть профилей проходила внутри тектонической зоны, только профиль № 2 окраинной частью выходит за ее пределы, эти части и обладают средними по величине значениями кажущегося удельного электросопротивления (700 – 1500 Омм). Остальная часть планшетов находится в области низких сопротивлений (менее 100 Омм). Соответственно эта область наиболее трещиновата и обводнена.

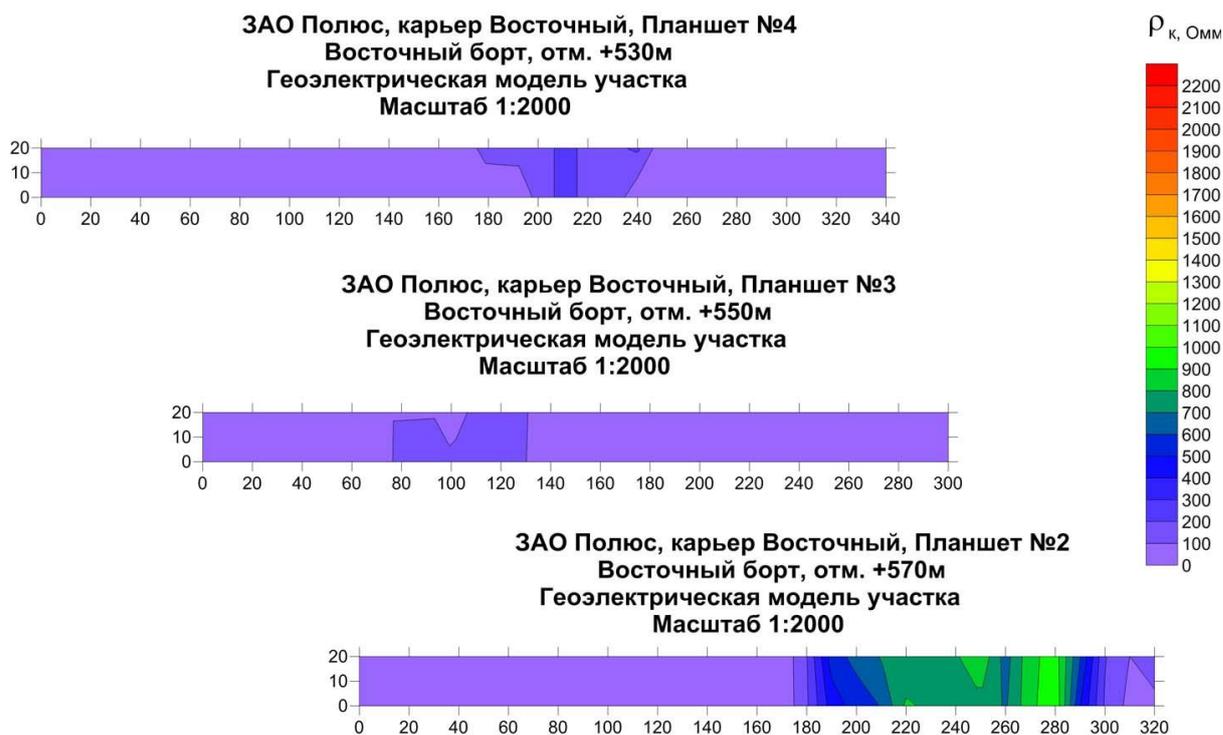


Рис. 3 – Результаты геофизических исследований массива горных пород

На основании проведенных геоэлектрических исследований можно сделать следующие выводы. Высокая дифференциация электрических свойств горных пород в прибортовом массиве карьера «Восточный» делает метод геоэлектрического профилирования достаточно информативным и точным при диагностике тектонических контактов, структуры, геологического строения и обводненности массива. Полученные результаты хорошо коррелируют с границами тектонических нарушений и геологических разностей, полученных методом ССП, и с известными геологическими данными, что подтверждает точность метода [2,3].

Использование метода срединного градиента в совокупности с методом спектрального сейсмопрофилирования позволит получить следующие необходимые для наблюдений за геомеханическим состоянием прибортового массива характеристики:

структурное строение борта карьера на глубину для мониторинга его изменения во времени (метод ССП);

тектоническое строение в плане, состояние и размеры зоны дезинтеграции на контактах для наблюдений за современной активностью тектонических нарушений (методы СГ и ССП);

обводненность прибортового массива для определения основных источников водопритока в карьер, направлением подземных вод и выбора оптимальной схемы осушения (методы СГ и ССП).

Полученные результаты свидетельствуют о высокой неоднородности структуры прибортовых массивов. Наиболее структурно нарушены приконтактные зоны тектонических нарушений с вмещающим массивом горных пород, а также контакты геологических разностей пород. В выделенных зонах, в перспективе, наиболее вероятны проблемы с устойчивостью, связанные с их повышенной трещиноватостью и обводненностью. Система мониторинга должна уделить этим зонам особое внимание [6,7].

Литература

1. Мельник В.В. Исследование и создание геолого-структурной и геомеханической модели участка недропользования / В.В. Мельник, А.Л. Замятин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2005. – № 4 – С. 226 - 230.
2. Мельник В.В. Применение метода спектрального сейсмопрофилирования для прогноза и снижения риска аварий и катастроф при недропользовании / В.В. Мельник, А.Л. Замятин, А.Л. Пустуев // Горный журнал. – 2012. – № 1. – С. 86 - 89.
3. Замятин А.Л. Изучение процессов карстообразования геофизическими методами / А.Л. Замятин // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2008. – № 1 – С. 169 - 173.
4. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных разработок на месторождениях руд черных металлов Урала и Казахстана: утв. Минмет СССР 02.08.90. – Свердловск: ИГД Минмета СССР, 1990. – 64 с.
5. Гликман А. Г. Физика и практика спектральной сейсморазведки / А.Г. Гликман [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.newgeophys.spb.ru/ru/book/index.shtml>.
6. Обоснование напряженно-деформированного состояния массива горных пород в районе карьера «Восточный» Олимпиадинского ГОКа / А.Д. Сашурин, В.В. Мельник, А.А. Панжин и др. // Открытые горные работы в XXI веке: сборник материалов Международной научно-технической конференции / под общей редакцией Н.Н. Мельникова. – М., 2011. - С. 373 - 378.
7. Замятин А.Л. Исследование состояния массива горных пород при строительстве и эксплуатации объектов недропользования // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 11 – С. 100 - 106.