

УДК 622.83; 551.21.3

**Мельник Виталий Вячеславович**

кандидат технических наук,  
заведующий лабораторией,  
Институт горного дела УрО РАН,  
620075, г. Екатеринбург,  
ул. Мамина-Сибиряка, 58  
e-mail: [melnik@igduran.ru](mailto:melnik@igduran.ru)

**Ведерников Андрей Сергеевич**

младший научный сотрудник,  
Институт горного дела УрО РАН  
e-mail: [avedernikov@igduran.ru](mailto:avedernikov@igduran.ru)

**ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ БАЗЫ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ О  
ПАРАМЕТРАХ СОВРЕМЕННЫХ  
ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ**

*Аннотация:*

*Приведены описание и обоснование основных параметров результатов исследований современных геодинамических движений на примере нескольких обследованных участков.*

*Ключевые слова: геодинамика, геодинамические движения, геоинформационная система, прогноз, деформации массива, спутниковая геодезия, современная геодинамическая активность, недропользование*

DOI: 10.18454/2313-1586.2016.01.035

**Melnik Vitaly V.**

candidate of technical sciences,  
the head of the laboratory,  
the Institute of mining, the Ural branch,  
Russian academy of sciences,  
620075, Yekaterinburg,  
Mamin-Sibiryak st., 58  
e-mail: [melnik@igduran.ru](mailto:melnik@igduran.ru)

**Vedernikov Andrey S.**

researcher,  
the Institute of mining, the Ural branch,  
Russian academy of sciences  
e-mail: [avedernikov@igduran.ru](mailto:avedernikov@igduran.ru)

**FIRSTCREATIONSTEPSOF  
THE DATABASE OF THE EXPERIMENTAL  
DATA OF ACTUAL GEODYNAMIC  
MOVEMENTS**

*Abstract:*

*Text shows first steps of collecting data for GIS that consist of experimental data of modern geodynamic activity surveys.*

*Keywords: geodynamics, geodynamic movements, GIS, forecast, rock massive deformation, satellite geodesy, modern geodynamic activity, subsurface use*

Безопасность объектов недропользования, уровень риска возникновения катастроф при их строительстве и эксплуатации зависят от соответствия их конструкций свойствам массива горных пород, процессам и явлениям, протекающим в естественных условиях и в областях техногенной деятельности. Зачастую свойства массива горных пород остаются недостаточно оцененными в силу каких-либо обстоятельств, особенно с точки зрения современной геодинамики. Процессы вторичного структурирования, определяющие иерархически блочную структуру массива горных пород, происходят как в естественных условиях, так и в областях техногенного воздействия объектов недропользования и относятся к важнейшим факторам, формирующим дискретный характер напряженно-деформированного состояния [1]. В пассивном, неподвижном массиве горных пород проявления деструкции и самоорганизации исключаются. Для их реализации необходимо изменение напряженно-деформированного состояния, источником которого в естественных условиях выступают современные геодинамические движения.

Таким образом, массив горных пород представляет собой иерархически блочную среду, в которой под воздействием современных геодинамических движений формируется неоднородное напряженно-деформированное состояние с дискретным распределением напряжений и деформаций за счет межблочных подвижек.

Информация о современной геодинамической активности регионов должна являться основополагающим материалом при выборе участков строительства ответственных сооружений и их конструктивных особенностей. Аналитические исследования, про-

водимые отделом геомеханики Института горного дела УрО РАН, показали, что геодинамические параметры в различных регионах сильно различаются по величине, а формирование очагов катастрофических событий приурочено к максимальным значениям параметров современной геодинамической активности регионов. Нередко такая подвижность приводит к заметным изменениям целостности массива горных пород и земной поверхности, что, в свою очередь, может повлечь нарушение функционирования объектов инженерной инфраструктуры [2]. Для того, чтобы спрогнозировать подобные явления как при эксплуатации объектов недропользования, так и при их проектировании и строительстве, необходимы натурные измерения активности геодинамических движений с использованием как традиционных, так и спутниковых методов геодезических исследований [3].

По мере накопления экспериментальных данных отделом геомеханики на протяжении последних 15 лет возникла необходимость их систематизации. Определение параметров трендовых и циклических современных геодинамических движений выполнено более чем на 25 объектах недропользования, охватывающих территорию России и Казахстана от Центрального региона до Якутии. На их основе в 2013 году была создана, а в 2014 году зарегистрирована «База экспериментальных данных о параметрах современных геодинамических движений» [4]. Из нее следует, что современные геодинамические движения происходят во многих регионах, независимо от того, к сейсмичной или асейсмичной категории они относятся. Однако их количественные показатели достаточно сильно различаются. В целом база данных имеет табличную форму, но при необходимости может быть отображена графически с помощью любых картографических и ГИС-программ, работающих с табличной информацией.

При наполнении базы данных возник вопрос о классификации первичных данных по каким-либо параметрам. Экспериментальными исследованиями выявлены два вида современных геодинамических движений – трендовые и циклические. Трендовые движения происходят в виде взаимных подвижек соседних структурных блоков массива горных пород с относительно постоянными скоростью и направлением в течение продолжительного промежутка времени, сопоставимого со сроком службы объекта [5]. Циклические движения носят полигармонический характер и слагаются из многочисленных знакопеременных движений с разными частотами и амплитудами перемещения в циклах [6]. Трендовые движения могут иметь как естественную природу, обусловленную тектоническими подвижками по границам структурных блоков, так и техногенную, обусловленную перераспределением напряжений и деформаций в породном массиве под воздействием горных работ, откачки подземных вод и других факторов. Короткопериодные циклические движения имеют широкий полигармоничный спектр частот с продолжительностью циклов от 30 – 60 с до 1 ч, нескольких часов, суток и более.

Поскольку характер трендовых и циклических движений разный, напрямую их сравнивать нельзя, следовательно, первым параметром, учитываемым при наполнении базы данных, является тип определяемых геодинамических движений – трендовые или циклические. Все измерения по определению компонент трендовой и циклической геодинамической активности производились с использованием комплекса спутниковой геодезии GPS-ГЛОНАСС, позволяющего с высокой точностью определять пространственные координаты точек на земной поверхности. При этом в режиме дифференциальной GPS изначально определяется вектор – приращение координат в геоцентрической системе между фазовыми центрами двух и более антенн приемников, отцентрированных над пунктами геодезической сети, координаты которых необходимо определить [5]. В дальнейшем совокупность полученных векторов, образующая пространственную геодезическую сеть, проходит контроль на точность геометрических построений путем определения фактических невязок по замкнутым контурам и математически строго уравнивается в принятой системе координат – центрируется и ориентируется. Далее определяются современные пространственные координаты пунктов государственной геодезической,

маркшейдерско-геодезической сети, реперов геодинимического полигона, а при их сопоставлении с ранее полученными исходными значениями определяются геодинимические подвижки, происходящие в массиве горных пород.

Чтобы определить следующий параметр, необходимо обратиться к экспериментальным данным. Рассмотрим для примера определение геодинимической обстановки в районе Коркинского угольного разреза [7]. Горными работами в западном борту Коркинского разреза вскрыта мощная сложнопостроенная тектоническая зона, состоящая как минимум из пяти тектонических нарушений субмеридионального простирания. Кроме того значительные нарушения вскрыты в восточном борту (рис. 1).

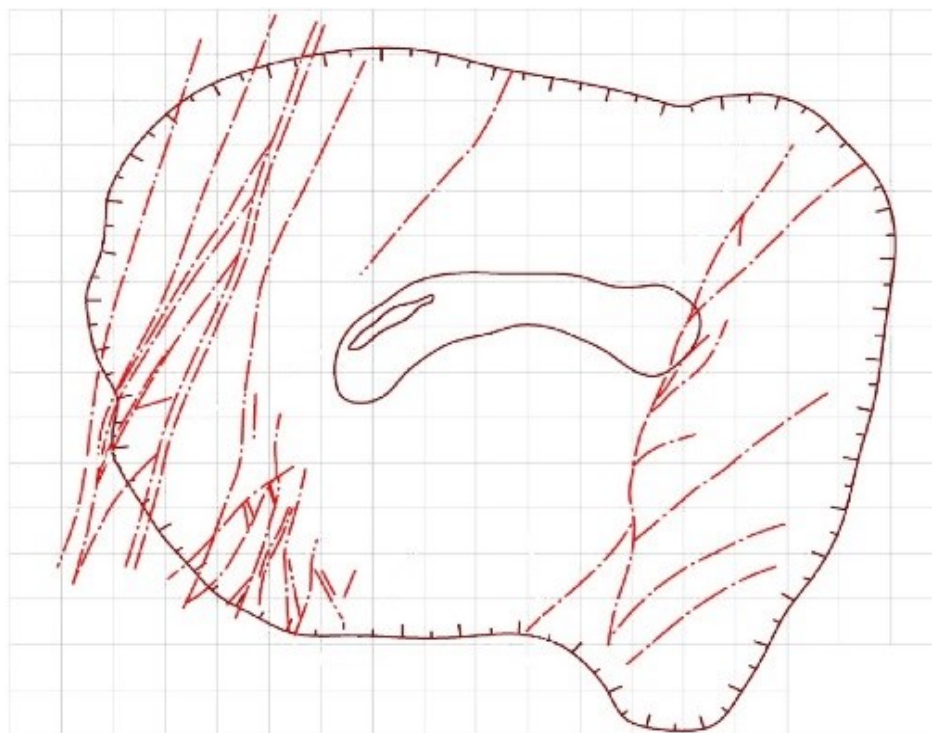


Рис. 1 – Основные тектонические нарушения Коркинского разреза

Спровоцированное горными работами усиление современных геодинимических движений привело к нарушению целостности прилегающих зданий и сооружений. Так, на производственных зданиях самого предприятия наблюдаются многочисленные трещины, а близлежащий поселок Роза частично отселен, а жилые здания в целях безопасности разрушены.

В ходе выполнения инструментальных наблюдений проводилась оценка геодинимической активности массива горных пород и земной поверхности вокруг территории разреза «Коркинский». Трендовые движения определялись на больших базах (до 20 км). На исследуемой территории для измерений выбран пункт геодезической сети I класса Томинский, от которого развивалась вся геодезическая сеть района (рис. 2). По полученным разностям пространственных координат были вычислены изменения длины линий и превышений между пунктами геодезической сети, а также отстроены полные векторы смещений пунктов, отражающие произошедшие за этот период трендовые движения и вызванные ими деформации. Векторы смещений являются достаточно информативными данными о деформационных процессах, позволяющими далее расчетным путем определить все необходимые параметры деформаций. На этом этапе от выбранного исходного пункта переопределены координаты остальных пунктов этого же и более низкого класса точности. Данный пункт удовлетворяет условиям более высокого класса, также он расположен на значительном удалении от источников техногенной нагрузки – карьеров и отвалов.

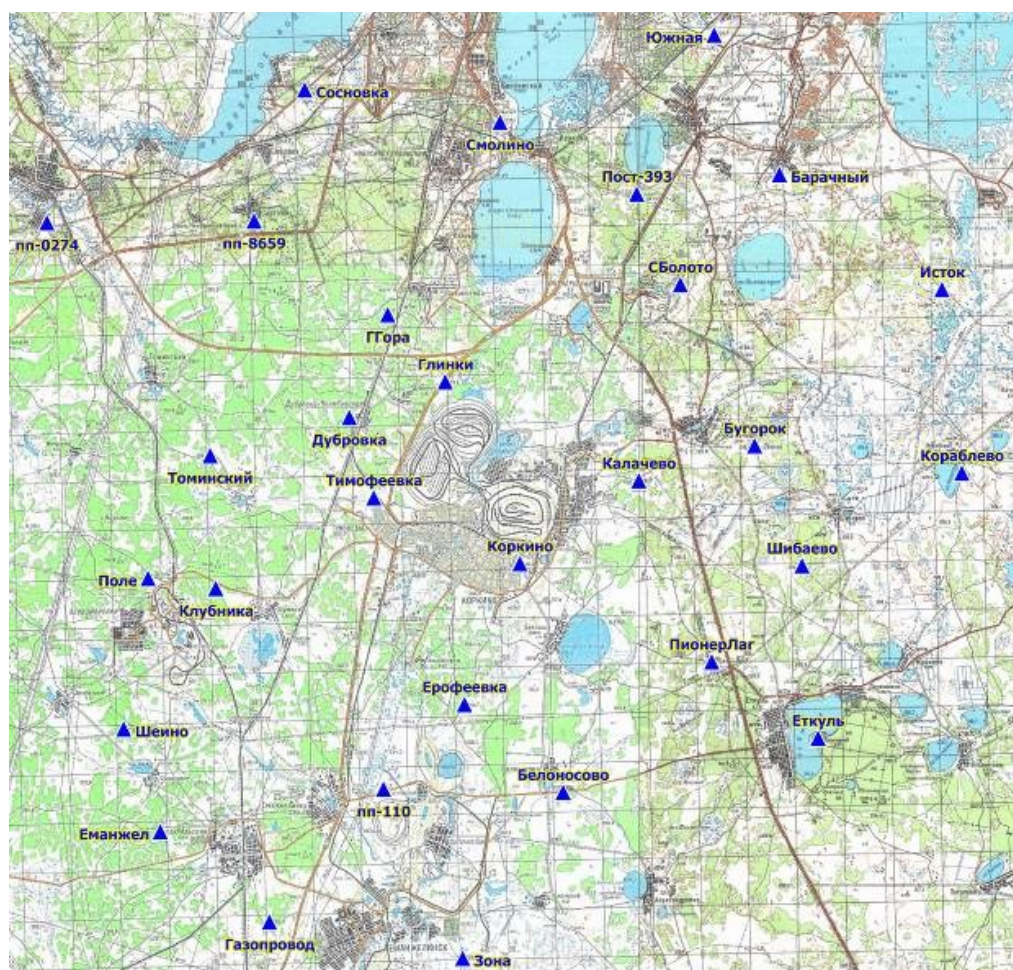


Рис. 2 – Схема расположения пунктов геодезической сети  
(по материалам Панжина А.А.)

После выполнения ряда математических процедур по ориентированию геодезической сети было произведено ее строгое уравнивание по методу наименьших квадратов с фиксацией пространственных координат.

По результатам расчетов построены вектора сдвижений с использованием двух методов – как рассчитанные от «условно-неподвижного» пункта Томинский, так и с использованием метода наименьших квадратов, когда расхождения пропорционально распределяются по всем пунктам. Использование расчетов от опорных точек рекомендуется выполнять для пунктов классом не ниже I, так как только в таком случае можно полагаться на их «условно-неподвижное» состояние.

Максимальные зарегистрированные трендовые горизонтальные сдвижения составили 360 мм для первого метода и 320 мм для второго. Вертикальные смещения реперов (оседания) составили 660 и 580 мм, соответственно. Как видно из полученных результатов и сути методов расчета, значения, полученные разными методами, также не следует напрямую сравнивать. Соответственно, второй основной параметр – это методика расчета сдвижений: с «условно-неподвижным» пунктом, по методу наименьших квадратов и др. Пример графического представления в описываемой базе данных приведен на рис. 3.

Для определения третьего параметра рассмотрим еще один объект в качестве примера. Работы по определению современных геодинимических движений проводились в рамках сейсмического микрорайонирования [8] территории ОАО «Институт реакторных материалов» вблизи г. Заречный Свердловской области. Методика работ аналогична представленной выше для Коржинского разреза. Участок находится вдалеке от каких-либо крупных техногенных источников изменений геодинимической обстановки. На

исследуемой площади произведено переопределение координат восьми пунктов II и III классов. Поскольку в пределах спроектированной сети спутниковых измерений на больших базах отсутствуют геодезические пункты I класса, расчеты сдвижений были произведены только по методу наименьших квадратов. По результатам расчетов максимальные трендовые горизонтальные движения составили 110 мм, вертикальные 70 мм. Напомним, для Коркинского разреза аналогичные значения составили 320 и 580 мм, соответственно.

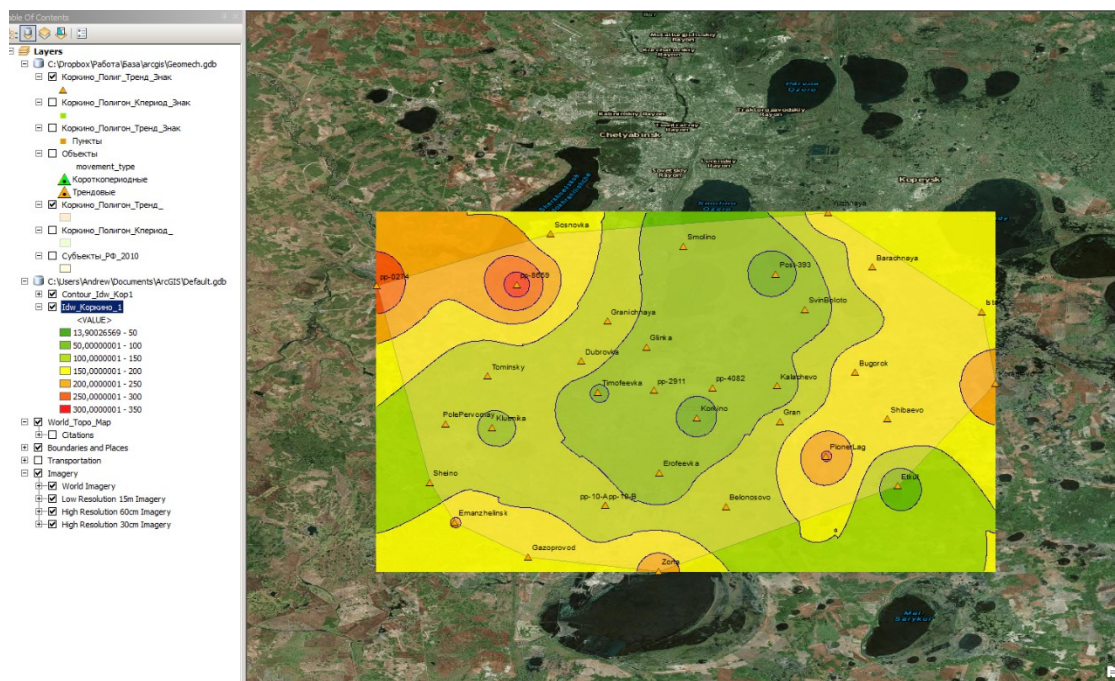


Рис.3 – Карта горизонтальных сдвижений пунктов полигонометрии

Главное отличие этих двух объектов с точки зрения наполнения базы данных в том, что площадка ОАО «ИРМ» располагается в естественных условиях, в то время как Коркинский разрез является весьма значительным по влиянию на геодинамическую обстановку техногенным объектом. Схожее соотношение полученных значений наблюдается и на многих других объектах, входящих в базу экспериментальных данных. Следовательно, третий основной параметр — это то, в каких условиях находится обследуемый объект — либо в естественных природных условиях, либо в условиях, когда геодинамические движения в большей степени обусловлены техногенной деятельностью.

Таким образом, для информации, вносимой в базу экспериментальных данных о параметрах современных геодинамических движений, помимо очевидных (географического положения, описания объекта и прочего) необходимо наличие описания следующих характеристик: тип геодинамических движений; используемые методы расчетов; геодинамические условия района.

Использование базы данных планируется в качестве прогностического аппарата, подобного картам ОСР, поскольку природа этих явлений одинакова, для предварительной оценки участков строительства по параметрам современной геодинамической активности.

### Литература

1. Усанов С.В. Мониторинг трансформации структуры горного массива под влиянием процесса сдвижения / С.В. Усанов, В.В. Мельник, А.Л. Замятин // ФТПРПИ. - 2013. - № 6. - С.83 – 89.
2. Озорнин И.Л. Формирование напряжений в крепи при строительстве вертикальных стволов в тектонически напряженном горном массиве / И.Л. Озорнин, Т.Ф. Харисов // Известия вузов. Горный журнал. - 2013. - № 6. - С. 60 – 67.

3. Пустуев А.Л. Исследование трендовых геодинамических деформаций при выборе площадок для строительства атомных станций / А.Л. Пустуев // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2011. - № 1. - С. 282 – 290.

4. Свидетельство о государственной регистрации базы данных. База экспериментальных данных о параметрах современных геодинамических движений / Сашурин А.Д., Мельник В.В., Панжин А.А. и др.; заявитель и правообладатель Институт горного дела УрО РАН.- №2014620345. - 2014.

5. Современная геодинамика массивов горных пород верхней части литосферы: истоки, параметры, воздействие на объекты недропользования / В.Н. Опарин, А.Д. Сашурин, А.А. Панжин и др. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008.

6. Sashourin A.D., Panzhin A.A., Kostrukova N.K., Kostrukov O. M. Field investigation of dynamic displacements in zone of tectonic breaking // Rock mechanics – a challenge for society: Proceedings of the ISRM regional Symposium EUROCK 2001. - Espoo, Finland / Balkema / Rotterdam / Brookfield. - 2001.

7. Проблемы ликвидации горнодобывающих предприятий / А.Д. Сашурин, В.В. Мельник, С.В. Усанов, А.Е. Балек // Проблемы недропользования [Электронный ресурс]: рецензируемое сетевое периодическое научное издание / ИГД УрО РАН. - 2014. - № 3. - С. 60 – 65. Режим доступа: //trud.igdur.ru

8. Зуев П.И. Геофизическая диагностика состояния массива горных пород зоны комбинированной разработки Гороблагодатского железорудного месторождения / П.И. Зуев, А.С. Ведерников, Д.В. Григорьев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2012. – №11.– С. 114 – 121.