

**УДК 622.831:004**

Игнатов Ю.М., доцент, к.н.

Игнатова А.Ю., доцент, к.н.

Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева

Ignatov Yuri M, associate Professor.

Ignatova A.Yu., associate Professor.

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

## **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ СИЛОВЫХ ПОЛЕЙ НА ГОРНЫЙ МАССИВ В КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЯХ**

### **ANALYSIS OF THE RESULTS OF EVALUATING THE EFFECT OF FORCE FIELDS ON A MOUNTAIN RANGE IN COMPUTER MODELS**

При исследовании объектов, процессов и явлений, при компьютерной обработке данных с пространственной информацией, актуально использовать геоинформационные системы (ГИС). В настоящее время, создание и экспериментирование с компьютерными моделями, построенными с использованием ГИС, является одним из основных инструментов познания в практических исследованиях.

В России много отечественных и зарубежных программных продуктов, позволяющих создавать компьютерные модели. Специалистами ведутся работы по их использованию в научных исследований производственных процессов, путём ввода баз данных в ГИС: Аксиома, система GeoDraw, ГИС Sinteks ABRIS и др. Популярны горно-геологические информационные системы (ГГИС): Геомикс, ПАРК, Маинфрейм, и др., в которых также реализованы уникальные методы моделирования соответствующих процессов.

Используются зарубежные ГИС: ArcView, MapInfo, ArcInfo, AtlasGIS и другие. Кроме этих программ, на мировом рынке, для решения аналогичных задач предприятий, имеются (ГГИС): Micromine, Surpac, Datamine, K-mine и другие.

В данной статье излагаются результаты построения компьютерной модели ситуации и пути анализа процесса воздействия силовых полей на горный массив Кузнецкого угольного бассейна. Были использованы результаты исследований, выполненных авторами по договору № 125-2011, заключённому между ОАО «УК Кузбассразрезуголь» и КузГТУ [1]. Создана геоинформационная модель сети геодинамических блоков, разрывных нарушений регионального значения и произведён анализ их пространственной близости к гидротехническим сооружениям филиалов ОАО «УК Кузбассразрезуголь» (Моховский, Бачатский).

Создание геоинформационной модели (ГИС-проекта) произведено на основе геолого-промышленной карты Кузбасса и включало следующие этапы:

- формирование цифровой векторной модели данных;
- сканирование исходного картографического материала;
- привязку растровых фрагментов к системе координат;
- векторизацию растровых фрагментов;
- наполнение данными атрибутивных таблиц.

Речная сеть и горные отводы горнодобывающих предприятий были векторизованы по растровым материалам топографических карт М 1:200 000. Дизъюнктивные дислокации Кузнецкого угольного бассейна были векторизованы в ГИС в двух слоях:

- дизъюнктивные дислокации линейного типа;
- зоны дробления горных пород в топологической модели.

В результате были сформированы, соответственно, линейные и площадные модели этих геообъектов. В атрибутивные таблицы векторных слоёв внесены наименования геообъектов, которые указаны на базовых геологических картах.

Последующая обработка встроенными пакетами программ и прикладными модулями позволила получить новые сведения о территории бассейна, которые представлены в следующих видах:

- цифровые модели рельефа;
- трехмерные модели горного массива;
- карты градиентов деформаций пластов;
- карты геодинамической опасности и др.

Таким образом, созданы многослойные электронные карты, главный слой которых описывает географию территории, а второстепенные слои характеризуют отдельные составляющие части горного массива данной территории.

Для выявления закономерных связей между рельефом и строением земной коры авторы работ [1-5] применили картографический метод морфоструктурного анализа рельефа земной поверхности. В этих работах было выявлено блочное строение территорий угольных месторождений и участков вновь проектируемых шахт с оцениванием ранга блоков. Было отмечено, что для Кузбасса характерны блоки 1-4 рангов. Для выявления блоковых структур использованы методики, которые основаны на теоретических положениях о ведущей роли тектонических движений в формировании рельефа. Сами тектонические движения обусловлены перемещениями блоков, которые происходят по направлению разломов, а рельеф через изменение гипсометрического уровня поверхности отражает это перемещение.

Ориентировка действующих напряжений определяется по элементам залегания, ориентировке вектора смещения границ блоков и выраженностю в современном рельефе [2].

Рассматривая соотношение высот отдельных участков, учитывая рисовку горизонталей и расположение гидросети, по топографическим картам различных масштабов выявлялись блоковые структуры той или иной территории. Блоки 1 ранга выделялись по картам М 1 : 2 500 000, блоки 2 ранга – по картам М 1 : 1 000 000 в пределах блоков 1 ранга, блоки 3 ранга – по картам М 1 : 100000 в пределах блока 2 ранга, блоки 4 ранга – по картам М 1 : 25 000 в пределах блока 3 ранга.

В работе [5] по описанной методике создана карта-схема блоковых структур 1 ранга Кемеровской области, растровое представление которой в нашей работе было привязано к СК-42 и использовано для пространственного анализа близости гидротехнических сооружений к границам блоков I ранга.

Для оценки влияния силовых полей сейсмотектонической активности на горный массив бассейна в ГИС внесены координаты эпицентров и векторы сейсмических событий с Горного Алтая (вектор № 1) и Тувы (вектор № 2). Так по вектору № 1 зафиксировано землетрясение 15 февраля 2025 года магнитудой 6.4. По вектору № 2 с 2024 года в Туве произошло 62 сейсмических событий магнитудой 5 и выше, рис.1.

В работах И.М. Батугиной и И.М. Петухова выявлены и опубликованы в 1988 году [2] протяжённые разломы широтного направления (параллельные линии «Новосибирск - Иркутск»), которые показаны на рис. 1. Эти разломы разделяют блоки более высокого порядка, чем блоки I ранга. Нами, по координатам, нанесён очаг землетрясения, которое произошло 18 июня 2013 года, и он попал на указанные разломы. Разломы связаны с 54 параллелью северной широты, на которую оказывает влияние изменение линейной скорости вращения Земли. В результате неравномерной плотности вращающихся масс в земной коре возникают срезающие усилия, которые могут фиксироваться в виде разломов на континентах [2].

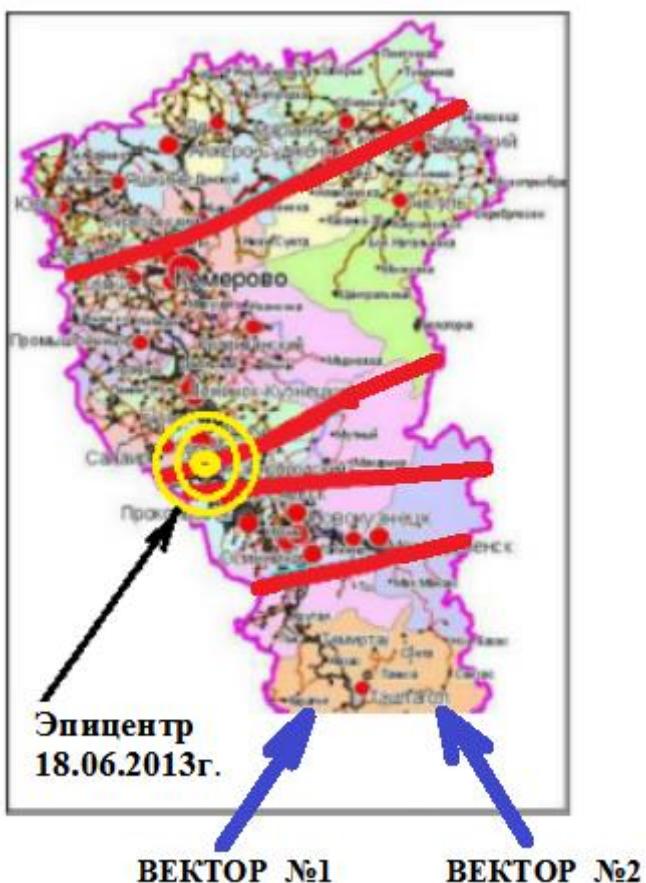
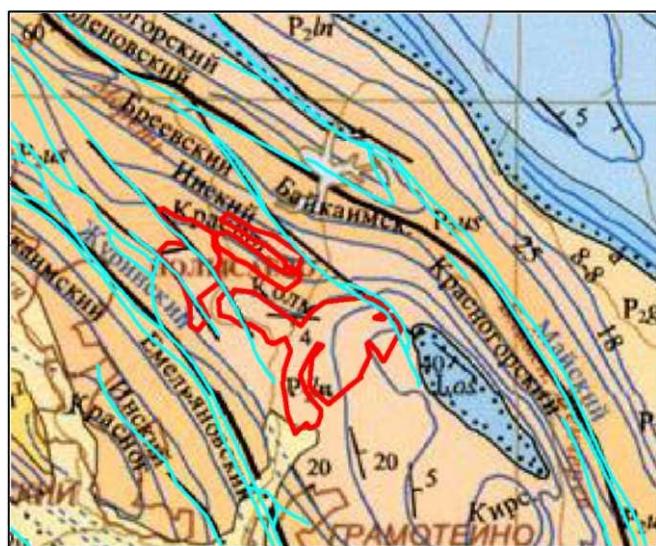


Рис. 1. Влияние силовых полей на блоки регионального масштаба

Таким образом, объектами изучения, при данном моделировании, являются линии раздела выделенных блоков и их соотношение с инженерными сооружениями.

Наиболее простым видом ГИС-анализа является оценка пространственной близости геообъектов друг к другу. Для этого растровые, и сформированные векторные модели реальных геообъектов были совмещены в единой геоинформационной среде в системе координат СК-42. Так, на рис. 2 показано совмещение геоинформационной модели горного отвода основных участков Моховского угольного разреза с векторной моделью разрывных нарушений геолого-промышленной карты ЮЗвицкого А.З. на фоне геологической карты ФГУП «Запсибгеольемка» (Бабин Г.А.).



— Граница горного отвода предприятия;  
 — Разрывное нарушение линейного типа (Юзвицкий А.З.).

Рис. 2. Совмещение горного отвода Моховского разреза с векторной моделью разрывных нарушений

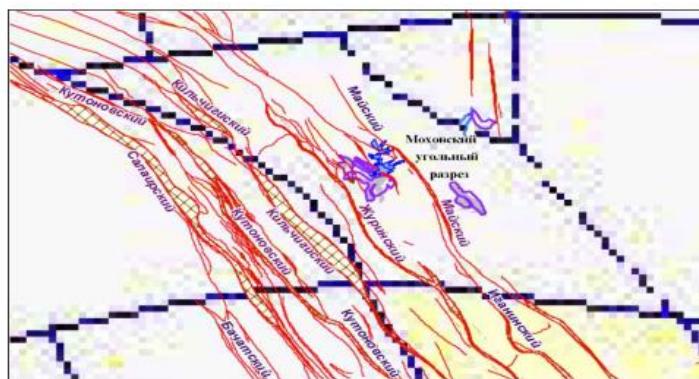


Рис. 3. Близость гидроотвала и участков Моховского разреза к геодинамическим разломам

Рис. 2 и 3 показывают, что участки Моховского угольного разреза располагаются между Майским и Журинским разрывными нарушениями [1] на расстоянии от каждого из них в среднем приблизительно 4 км.

Гидроотвал Моховского угольного разреза размещается между двумя геологическими разрывными нарушениями: Журинским (на западе на расстоянии примерно 0,5 км) и Майским (на востоке на расстоянии примерно 1,3 км). Территорию разреза пересекают ещё три меньших по протяжённости разрывных нарушений и, кроме того, вблизи гидроотвала расположены зоны дробления горных пород, свидетельствующие о высокой геодинамической активности данного района.

Рис. 4 демонстрирует степень пространственной близости гидроотвала и участков Моховского угольного разреза к геодинамическим проявлениям блочной структуры I ранга [1] Кузнецкого угольного бассейна.

Границы блоков I ранга в геопространстве не могут быть бесконечно тонкими, а, имеют пространственное простижение «в ширину», в пределах которого геодинамическая активность, наиболее высока. Так, на рис. 4 границы блоков I ранга показаны светло-зелёным цветом с учётом максимальной погрешности их картографического представления.

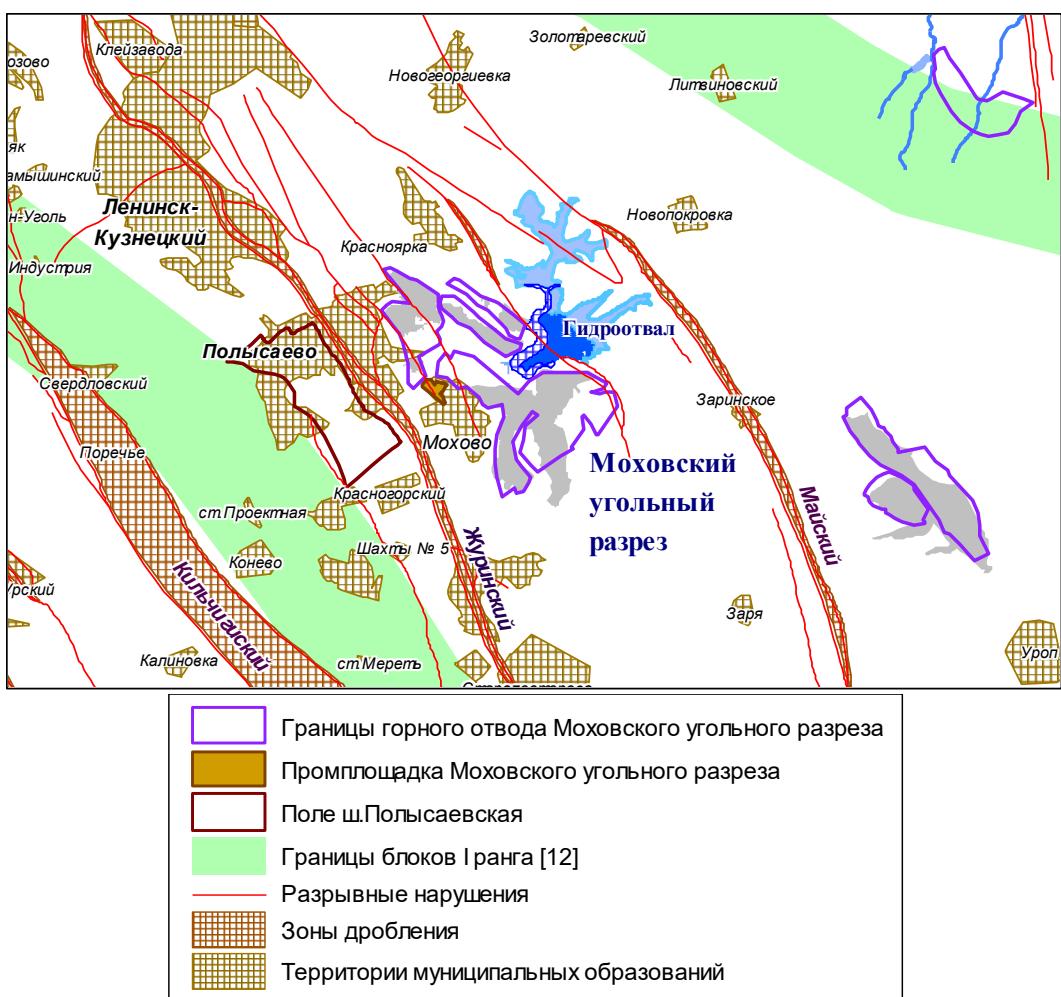


Рис. 4. Близость гидроотвала Moховского угольного разреза к геодинамическим блокам



Рис. 5. Близость объектов Бачатского угольного разреза к разломам, разделяющим блоки I ранга [1]

На основании работы показано, что внутриблоковые дизъюнктивные дислокации линейного типа наблюдаются практически на всех участках Моховского и Бачатского разрезов, пересекая их в северо-западном направлении.

Разрабатываемые участки иных угледобывающих предприятий, функционирующих на исследуемой территории в непосредственной близости к участкам угледобычи Моховского и Бачатского угольных разрезов, также пересекаются многочисленными разрывными нарушениями линейного типа и зонами дробления горных пород.

Гидроотвалы, а также все рассматриваемые участки Моховского и Бачатского угольных разрезов, находятся в непосредственной близости от геодинамически активных границ блоков земной коры I ранга [1] (на расстоянии от 2,5 км до 10 км) и зон дробления горных пород, а также протяженных разрывных нарушений (в среднем на расстоянии от 0,5 до 1,5 км).

Под воздействием тектонической активности это может приводить к неконтролируемой геодинамической активности в районе угледобычи ОАО «УК Кузбассразрезуголь», в частности, к образованию зон повышенной трещиноватости в районе размещения гидротехнических сооружений Моховского и Бачатского угольных разрезов. Зона геодинамического разлома с повышенной трещиноватостью может проявиться в:

- фильтрации воды из водохранилища;
- утечке вредных компонентов из гидротехнических сооружений;

– увеличение водопритоков при горных работах.

Из литературных источников, документов и отчетов по результатам геологоразведочных работ известно, что дизъюнктивы обеспечивают связь поверхностных водотоков с подземными водами и соединение между водоносными горизонтами происходит по зонам дизъюнктивов с разной активностью. Развитие неотектонических движений вызывает приоткрывание древних трещин и образование новых с формированием новых зон нарушенного массива [2-6].

При ведении горных работ происходит накопление в воде металлов (ртуть, свинец, цинк, медь, кадмий и др.), которые с подземными водами попадают в речные системы и производят их загрязнение.

Таким образом, анализ результатов позволяет утверждать, что объёмы попадания поверхностных водотоков в подземные воды увеличиваются от сейсмических сотрясений.

### **Выводы**

1. Исследования показали, что геоинформационная модель горного массива Кузнецкого угольного бассейна пригодна для анализа поведения горных пород под сейсмическим воздействием и оценки такого взаимодействия на экологию.

3. Геоинформационный анализ позволил выявить пространственные закономерности свойств горного массива (система глобальной трещиноватости), размещение в пространстве и конфигурации дизъюнктивной нарушенности (зонирование и аномалии), построить цифровую тектоно-гидрологическую модель структуры Кузнецкого бассейна и совместить её со схемой геодинамических блоков 1 ранга.

4. Направление вектора сейсмического воздействия позволяет на карте установить линии геодинамических разломов, которые могут получить максимальное сотрясательное и сдвиговое деформирование. Разгрузка новых волн напряжённости происходит по существующим системе тектонических разломов и зон деформации.

5. С учётом цифровой тектоно-гидрологической модели установлены предприятия, которые должны для уменьшения попадания воды в горные выработки делать новые искусственные русла для речек, выполненные в железобетонном коллекторе и очистные сооружения.

6. Следует усилить государственный контроль над использованием водных ресурсов в зоне выявленных горнодобывающих производств, а предприятиям внедрять передовые научно-технические разработки в области охраны окружающей среды.

### **Список литературы**

1. Создание геоинформационной модели геодинамических разломов Кузнецкого угольного бассейна и анализ их пространственной близости к гидротехническим сооружениям филиалов ОАО «УК Кузбассразрезуголь»:

/ Отчёт о НИР; рук. Игнатов Ю.М. Кемерово. По договору № 125-2011 от 25.05.1011. КузГТУ. 2011. – 64 с.

2. Батугина, И.М. Геодинамическое районирование месторождений при проектировании и эксплуатации рудников / И.М. Батугина, И.М. Петухов. – М.: Недра, 1988. – 166 с.

3. Батугин, А.С. Об оценке активного влияния нарушений на условия ведения горных работ // Горное давление, горные удары и сдвижение массива. Сб. науч. тр. Часть I. - СПб.: ВНИМИ, 1994. – С.143-149.

4. Батугин, А.С. Тектонофизическая модель горно-тектонических ударов с подвижками крыльев крупных тектонических нарушений. // ГИАБ, «Труды научного симпозиума «Неделя Горняка –2010». – 2010. – С. 252–264.

5. Сурунов, Н.Ф. Автореферат диссертации на соискание степени к.т.н. «Прогноз влияния геодинамической активности блоковых структур на напряженно-деформированное состояние массивов и метановыделение из угольных пластов». – на правах рукописи. – Кемерово, 2006. – 18 с.

6. Косягин, Ю.А. Тектоника. - М.: Недра, 1969. – 616 с.

### References

1. Creation of a geoinformation model of geodynamic faults of the Kuznetsk coal basin and analysis of their spatial proximity to hydraulic structures of branches of JSC Kuzbassrazrezugol Management Company: / Research report; hand. Ignatov Yu.M. Kemerovo. Under agreement No. 125-2011 dated 05/25/2011. KuzGTU. 2011. – 64 p.

2. Batugina, I.M. Geodynamic zoning of deposits in the design and operation of mines / I.M. Batugina, I.M. Petukhov. – M.: Nedra, 1988. – 166 p.

3. Batugin, A.S. On the assessment of the active impact of violations on mining conditions // Mountain pressure, mountain impacts and displacement of the massif. Collection of scientific tr. Part I. Saint Petersburg: VNIMI Publ., 1994. pp.143-149.

4. Batugin, A.S. Tectonophysical model of mountain-tectonic impacts with wing movements of large tectonic disturbances. // GIAB, "Proceedings of the scientific symposium "Miner's Week -2010". – 2010. – pp. 252-264.

5. Surunov, N.F. Abstract of the thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences "Forecast of the influence of geodynamic activity of block structures on the stress-strain state of massifs and methane release from coal seams." – on the rights of the manuscript. Kemerovo, 2006. 18 p.

6. Kosygin, Yu.A. Tectonics. - M.: Nedra, 1969. – 616 p.