

УДК 552.141+552.1:53+622.42

Доробов Раджабали  
Radzhabali Dorobov



**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ  
ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МАССИВОВ  
ГОРНЫХ ПОРОД ГИССАРСКОГО И  
ТУРКЕСТАНСКОГО ХРЕБТОВ  
(РЕСПУБЛИКА ТАДЖИКИСТАН)**

**GEOMECHANICAL AND GEODYNAMIC CHANGES  
IN THE PHYSICAL PROPERTIES OF ROCKS IN  
SEISMICALLY QUIET AND SEISMICALLY ACTIVE  
ZONES OF TAJIKISTAN HIGH MOUNTAINS**

Обобщен опыт успешного использования современных математических методов традиционной геодезии подземных сооружений в горном деле. Изучено состояние геомеханических, геодинамических, гидродинамических и геотехнологических процессов в массивах горных пород. Исследования деформаций породных массивов проводились на горных сооружениях, где ведется разработка месторождений ископаемых и подземных глубоких транспортных тоннелей в условиях высокогорья и в массивах, не попавших под влияние техногенных горных работ.

Измерения, проведенные с использованием современных геодезических комплексов, показали эффективность их использования в геомеханике. Стали возможными не только дискретные измерения, но и изменения, наблюдаемые во время регулярного мониторинга, деформации и напряжения, происходящие во внешних и внутренних массивах горных пород в условиях высокогорья Таджикистана

*Ключевые слова:* массивы горных пород, геомеханические и геодинамические процессы, сооружения, разрушения горных пород, разгрузка массива, свод давления, условия высокогорья Таджикистана

This article summarizes the experience of modern methods of successful use of traditional geodesy and geotechnical processes state in the rock mass. The rock mass deformation studies were conducted at mountain plants, leading mineral deposits development and in deep underground transportation tunnels of high mountains and in the arrays which were not affected by the ethnogeny influence of mountain work.

The measurements undertaken by modern surveying complexes have proved their efficiency for geomechanical properties and processes research in our region.

It became possible to perform not only discrete measurements, but also to analyze the deformation changes and stress parameters observed during regular monitoring in internal and external rock massifs of Tadjikistan highlands

*Key words:* rock masses, geomechanical and geodynamic processes, structures, rock breaking, unloading of array, set pressure, conditions of Tadjikistan high mountains

**В**настоящее время происходит интенсификация геодинамических процессов, проявляющихся в активизации вулканизма, сопровождающихся частотой и ин-

тенсивностью землетрясений. Это должно оказывать существенное влияние на геомеханическое состояние массивов горных пород в горных сооружениях.

На протяжении всей истории развития горного дела вопрос о геомеханическом состоянии реальных массивов горных пород в условиях высокогорья, сдвигении горных пород является актуальным и вызывает интерес у многих исследователей. Такое внимание к данной проблеме обусловлено тем, что ранее в неизученных массивах горных пород отмечалось вредное воздействие на горные разработки, включая глубокие крупномасштабные транспортные тоннели. Нередко под это попадали сооружения горных предприятий и природные объекты, нарушение целостности которых может вызвать возникновение аварийных ситуаций и привести к многочисленным человеческим жертвам. Наряду с негатив-

ным воздействием на объекты, геомеханические процессы, процессом сдвижения не редко создают опасность для производства самих горных работ. Таким образом, при разработке месторождений полезных ископаемых и проходке транспортных тоннелей в условиях высокогорья Таджикистана безопасность горных работ и их экономическая эффективность во многом зависят от успешного решения проблемы управления горным давлением, геомеханических процессов и процессов сдвижения. Вопрос о геомеханическом состоянии реальных массивов горных пород в условиях высокогорья Таджикистана в технической литературе практически не отражен.

### **Изменения состояния массивов горных пород в условиях высокогорья**

В результате возмущающих изменений геологических процессов геомеханические процессы и явления проявляются на поверхности Земли и в среде горного производства подземных сооружений.

Как следствие движения литосферных плит в последние десятилетия появилось бесчисленное количество фактов, свидетельствующих о постоянных и масштабных изменениях, происходящих на поверхности Земли и в ее глубинах. Такие изменения происходят не только в сейсмоактивных регионах. Многочисленные интенсивные локальные аномалии движений земной поверхности выявлены в равнинно-платформенных асейсмичных областях [1, 3] (рис. 1, 2, 3). Обрушения в связи с землетрясениями, извержениями вулканов, разгрузкой подземных шахт (Такоб, Кондара, Кабуты, Майхура), особенно на Гиссарском хребте, происходят достаточно активно. В условиях высокогорья Таджикистана при внешних и внутренних сложностях строения блочного массива горных пород процессы и явления, происходящие в нем, особенно в областях техногенного воздействия и неправильной проходки масштабных горных выработок могут быть смоделированы.

Модели элементов земной коры могут быть представлены в двух видах:

– в виде нижнего полупространства бесконечных размеров по площади и глубине или на поднятых блоках глобальной тектоники плит;

– в виде оболочки бесконечной толщины и размеров в разделе, соответствующем жесткой литосферной плите.

Граничные условия геомеханической модели включают боковые горизонтальные силы и объемный вес горных пород. На разделе между литосферой и астеносферой действуют литостатические силы, уравнивающие вес литосферной плиты. Горизонтальные тектонические силы, одинаковые по глубине, оцениваются величиной приближения 30 Мпа [4, 5], а силы бокового распора, связанные с гравитационными силами, пропорциональны глубине модели деформирования квазиоднородного, квазиизотропного материала. Поскольку их деформационные свойства определяются на больших участках массива горных пород, реальные массивы горных пород имеют сложное иерархически-блочное строение.

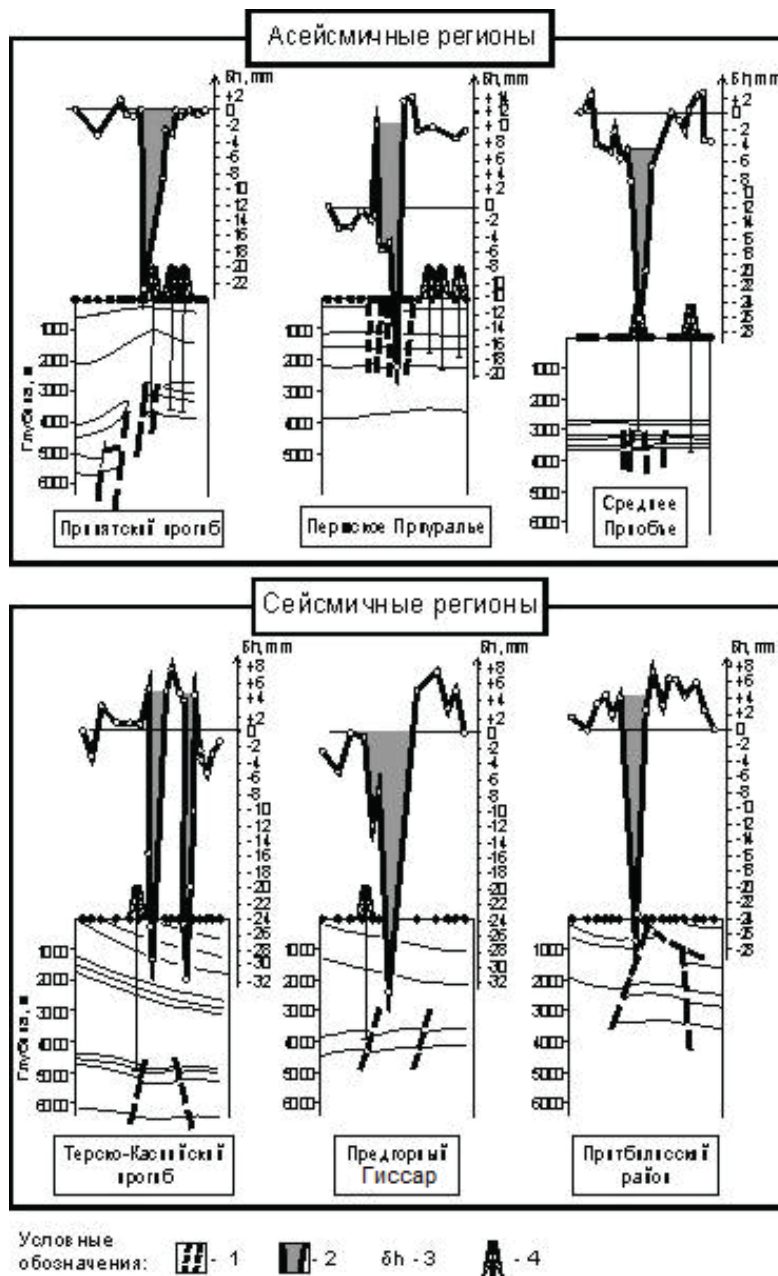


Рис. 1. Примеры локальных аномалий современных вертикальных движений земной поверхности типа  $g$  для различных регионов

Условные обозначения: 1 – зоны разрывных нарушений; 2 – зоны аномальных вертикальных движений; 3 – амплитуды современных вертикальных движений земной поверхности; 4 – пробуренные скважины

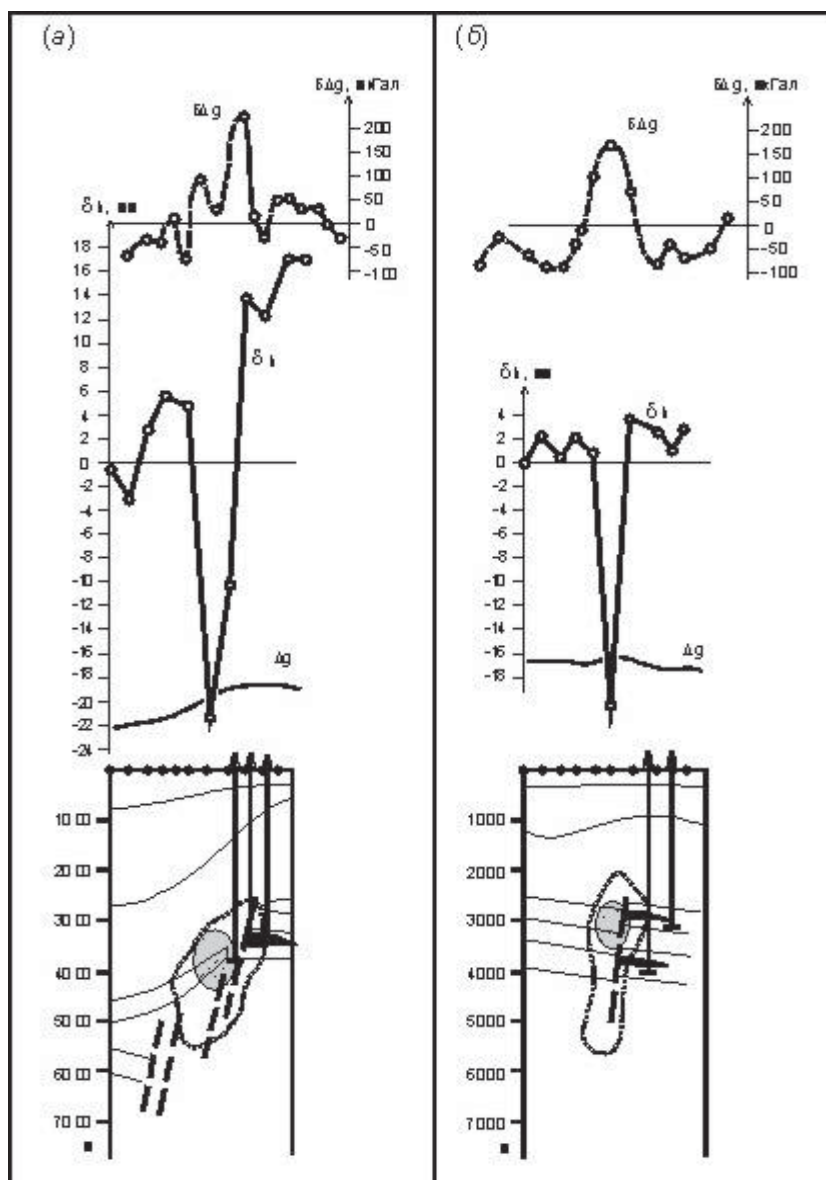


Рис. 2. Пример современных суперинтенсивных деформаций (аномалии типа  $g$ ) для условий крупно- (а) и малоамплитудного (б) разломов

Такое строение определяет анизотропный характер распределения его физико-механических, динамических особенностей в пространстве. Внутреннее строение и состав соседних структурных блоков могут быть совершенно различными. Также различными могут быть интенсивность трещиноватости, раскрытие, вещество заполнения между блоковыми трещинами, обводненность систем трещин и проч. С другой стороны, блочное строение массивов определяет дискретный характер его

деформирования, поскольку значительная часть деформаций реализуется на границах структурных блоков, образуемых трещиноватостью различных уровней иерархии. Как известно, в нетронутом массиве горных пород непрерывно происходят естественные деформации, наличие которых обусловлено его первоначальным напряженно-деформированным состоянием и особенностями иерархически-блочного строения [6]. При проведении горных выработок это состояние равновесия нарушается, происходит

сложное перераспределение напряжения в глубоких крупномасштабных транспортных тоннелях в условиях высокогорья, в горных породах приграничной зоны (вокруг горной выработки) появляется разнохарактерное и разнонаправленное горное давле-

ние. Характер величины горного давления и перераспределения напряжений зависят от состава, структуры горных пород массива и различных физико-геомеханических и геодинамических свойств горных пород в условиях высокогорья Таджикистана [7].

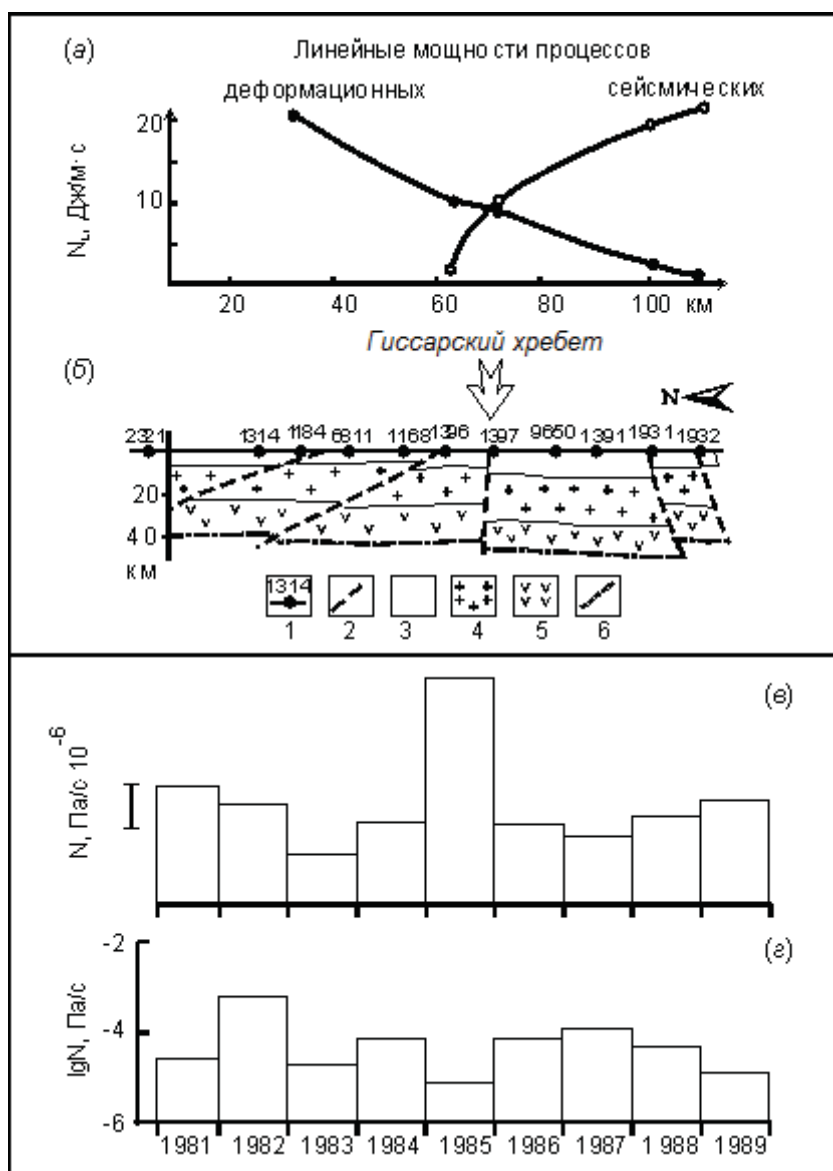


Рис. 3. Сопоставление энергетических характеристик современных деформационных и сейсмических процессов (а) по профилю Гиссарского (Шарора) хребта (б), графики удельной объёмной мощности деформационных (в) и сейсмических (г) процессов

Условные обозначения: 1 – номера пунктов нивелирования в аномальных зонах; 2 – глубинные разломы; 3 – осадки; 4 – граниты; 5 – базальты; 6 – поверхность Мохоровича

Таким образом, применение современных методов математической интерпретации состояния подземных сооружений традиционной геодезии в горном деле, наблюдение за геомеханическими процессами и явлениями, сдвигами земной поверхности на горных объектах, позволило выполнить исследования для крупномасштабных глубоких транспортных тоннелей в условиях высокогорья.

Измерения, проведенные с использованием современных геодезических комплексов, показали эффективность для задач геомеханики и их процессов, происходящих в нашем регионе. Стали возможными не только дискретные измерения, но и изменения, наблюдаемые во время регулярного мониторинга, деформации и напряжения, происходящих во внешних и внутренних массивах горных пород в условиях высокогорья Таджикистана.

## Литература

## References

1. Кузьмин Ю.О. Современные суперинтенсивные деформации земной поверхности в зонах платформенных разломов // Геологическое изучение и использование недр: информационный сборник. М., 1996, № 4. С. 43-53.
2. Панжин А.А. Наблюдение за сдвижением земной поверхности на горных предприятиях с использованием GPS // Известия Уральского Государственной Горно-геологической Академии № 11. Екатеринбург, 2000, С. 196-203.
3. Леонтьев А.В. Обзор и анализ напряженного состояния массива горных пород в основных горнодобывающих регионах СНГ // Геомеханика в горном деле – 2000: докл. междунар. конф. Екатеринбург: ИГД Уро РАН, 2000. С. 54-65.
4. Сашурин А.Д., Панжин А.А. Масштабное техногенное воздействие горных разработок на участок литосферы // Проблемы геотехнологии и недروةдения (Мельниковские чтения): доклады Междунар. конф. Екатеринбург: ИГД Уро РАН, 1998. С. 170-178.
5. Курленя М.В. Миренков В.Е. Методы математического моделирования подземных сооружений. Новосибирск: Наука, 1994.
6. Доробов Р. Физико-динамическое воздействие на состояние нагрузок напряжения и закономерности деформирования массивов горных пород различного генезиса в условиях высокогорья // Вестник ТГУ им. Академ. М.С. Осими, № 10. 2010. С. 11-19.
7. Сидоров В.А. Кузьмин Ю.О. Современные движения земной коры осадочных бассейнов. М., 1989.
8. Алексеенко С.Ф., Мележик В.П. Физика горных пород. Горное давление. Киев, 1990. 182 с.
9. Соболев Г.А. Физика горных пород при высоких давлениях. М., 1991.
10. Ржевский В.П. Основы физики горных пород. М., 1990.
1. Kuzmin Yu.O. *Geologicheskoe izuchenie i ispolzovanie nedr: Informatsionny sbornik* (Exploration and using of mineral resources: Informational collection of articles). M., 1996, no. 4. P. 43-53.
2. Panzhin A.A. *Izvestiya Uralskoy Gosudarstvennoy Gorno-geologicheskoy Akademii* (Proceedings of the Ural State Mining and Geological Academy). Ekaterinburg, 2000, no 11. P. 196-203.
3. Leontiev A.V. *Geomechanics in Mining – 2000: Report of the International Conference*. (Geomexanika v gornom dele – 2000: dokl. mezhdunar. konf. Ekaterinburg: IGD Uro RAN, 2000. P. 54-65.
4. Sashurin A.D., Panzhin A.A. *Problems of Geotechnology and subsurface learning* (Melnikov readings): reports INTL. proc. (Problemy geotekhnologii i nedroveдениya (Melnikovskie chteniya): doklady Mezhdunar. konf.) Ekaterinburg: IGD Uro RAN, 1998. P. 170-178.
5. Kurlenya M.V. Mirenkov V.E. *Metody matematicheskogo modelirovaniya podzemnyh sooruzheniy* (Methods of mathematical modeling of underground structures). Novosibirsk: Nauka, 1994. .
6. Dorobov R. *Vestn. TTU im. Akadem. M.S. Osimi* (Bulletin of the TTU named after academician M.S. Osimi). № 10. 2010 P. 11-19.
7. Sidorov V.A. Kuzmin Yu.O. *Sovremennye dvizheniya zemnoy kory osadochnyh basseinov*. (Modern movement of the earth's crust sedimentary basins). M., 1989.
8. Alekseenko S.F., Meleghik V.P. *Fizika gornykh porod gornoe davlenie* (Physics of rocks rock's pressure). Kiev, 1990. 182 p.
9. Sobolev G.A. *Fizika gornykh porod pri vysokikh davleniyah* (Physics of rocks in conditions of high pressures). M., 1991.
10. Rzhvesky V.P. *Osnovy fiziki gornykh porod*. (Fundamentals of physics of rocks). M., 1990.



**Коротко об авторе**

**Briefly about the author**

*Доробов Р.*, ст. преподаватель, каф. «Теоретическая и экспериментальная физика», ТГПУ им. С. Айни, г. Душанбе, Таджикистан  
Сот. тел.: 89141370406

*R. Dorobov*, senior teacher, Theoretical and Experimental Physics department, TSEU named after S. Aini, Dushanbe, Tajikistan

**Научные интересы:** геомеханика и геодинамика, физика горных пород, рудничная аэрогазодинамика и тепловая физика

**Scientific interests:** geomechanics and geodynamics, physics of rocks, miner aerogas dynamics and thermal physics

---

