

ВИНИТИ

1982

АКАДЕМИЯ НАУК ТАДЖИКСКОЙ ССР

Редколлегия журнала "Известия
АН Таджикской ССР". Отделение
физико-математических и геоло-
го-химических наук

№ 876-75 Деп.

УДК 552.323 ✓

Х.К. КУДДУСОВ

**ЗНАЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-
МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД В
РЕШЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**

Душанбе - 1975



Современный этап развития геологической науки требует разработки точных методов исследований с применением новейших достижений смежных областей естественных наук. В настоящее время достижения физико-математических, химических и др. наук широко применяются в петрографических, геохимических, минералогических исследованиях.

В связи с этим, большое теоретическое и практическое значение имеют исследования физико-механических свойств горных пород, связанные с решением комплексных задач науки о Земле. Это вызвано повышенным интересом геологов и геофизиков к строению глубинных частей земной коры, повышением глубинности поисковых и разведочных работ. Поэтому одной из главных задач геологических и геофизических исследований второй половины XX века является разработка научного прогнозирования скрытых рудных тел на основе познания состава, строения и развития земной коры, а также изучения свойств составляющих ее пород.

Анализ результатов физико-механических исследований горных пород и их интерпретация с геологическими фактами позволяют сделать переход от качественных суждений к количественным оценкам геологических процессов и закономерностей. Это открывает широкий простор для применения в геологии электронно-вычислительной техники.

Данные физико-механических свойств горных пород издавна с большим успехом используются в инженерных расчетах в горном и строительном деле, инженерной и нефтяной геологии, геофизике и других отраслях знаний. В этих областях накоплен богатый фактический материал о закономерностях изменений физико-механических свойств горных пород в зависимости от различных геолого-

тектонических процессов и петрологических особенностей.

История исследования физико-механических свойств горных пород связана с применением естественного камня, как строительного материала. Еще в дореволюционном периоде опробование пригодности горных пород производилось на основании испытаний их прочности на раздавливание и морозостойкость. Систематическое применение естественного камня в промышленном и гражданском строительстве вызвало необходимость в изучении месторождений и качества камня.

Основоположником систематического испытания и изучения механических свойств горных пород в строительных целях является профессор Института инженеров путей сообщения К.А. Беляцкий. Организованная им лаборатория в Петербурге, начиная со второй половины XIX века, приступила к изучению механических свойств горных пород [I] . В последующих этапах разработаны методы определения долговечности и морозостойкости горных пород.

В начале XX века определялись прочности на сжатие в сухом и водонасыщенном состоянии, плотности (объемный вес), морозостойкости облицовочного и поделочного камня.

В 1918 г. Ф.Ю. Левинсоном-Лессингом был организован отдел каменных строительных материалов при Академии Наук СССР. Его учениками во главе с Д.С. Белянским разработаны основные направления технической и экспериментальной петрологии. В последствие под руководством профессора Б.В. Залесского и Б.П. Беликова в ИГЕМ АН СССР была организована лаборатория методов исследований физико-механических свойств горных пород. В результате исследований Б.В. Залесского, Б.П. Беликова, Ю.А. Розано-

ва, И.П. Тимченко, Е.А. Санина [2] разработаны методы исследования физико-механических свойств горных пород применительно к решению геологических и петрологических задач.

В настоящее время исследованием физико-механических свойств во многих научно-исследовательских, учебных институтах и производственных организациях союзных республик. На основании этих исследований и накопленного богатого материала, впоследствии назрели вполне конкретные задачи, для решения которых необходимо знание физико-механических свойств горных пород.

К физико-механическим свойствам горных пород относятся определения удельных и объемных весов, пористости общей и эффективной, проницаемости упругих свойств (коэфф. Пуассона, Модуль Юнга и сдвига), твердости, абразивности, прочности на сжатие, изгиб, разрыв, срез, а также магнитных, электрических, термических свойств и др.

Эти данные могут быть получены с помощью параметрических измерений на обнажениях, у скважин и посредством лабораторных определений на образцах, а также различными экспериментальными исследованиями и теоретическими расчетами.

Лабораторные методы определения физико-механических свойств горных пород на образцах, хотя они неполностью отражают свойства пород в условиях естественного залегания, однако позволяют исследовать все их многообразие при тех или иных требуемых термодинамических условиях, влажности и т.д. Преимущественно лабораторного метода еще заключается в том, что изучаемые образцы горных пород сопровождаются минералогическим, петрографическим исследованием и химическими анализами.

Для определения свойств горных пород было предложено много способов и методов, с помощью которых исследователи пытаются решать многие задачи отраслей науки о Земле. Согласно этим методикам, определение свойства горных пород проводится в различных термодинамических условиях, соответствующих различным глубинам земной коры. Кроме того, выбор определения тех или иных физико-механических свойств горных пород зависит от решаемых задач в разных отраслях геологической науки.

Ниже остановимся на некоторых данных о значении исследований отдельных параметров горных пород в решении определенных задач геологии.

Из физико-механических свойств - пористость, прочность совместно с изучением геологических особенностей горных пород необходимы в горном деле и в строительстве. Особенно для решения геологических и климатических устойчивостей горных пород наряду с петрографическим анализом требуется детальное изучение пористости с разделением на поры разного диаметра.

Пористость и проницаемость горных пород также имеют большие значения для нефтяной геологии и геологии рудных месторождений. Интенсивное наращивание объемов добычи полезных ископаемых и разведки новых месторождений требует увеличения объема горно-проходческих и разведочных буровых работ. Исследования физико-механических свойств горных пород позволяют выбрать наиболее производительные типы породоразрушающих инструментов и разрабатывать рациональную технологию бурения [3].

В инженерной геологии исследования физико-механических свойств скальных горных пород используются для решения следующие задачи [4].

1. Выявление особенностей пространственного расположения вмещающих пород и залежей полезных ископаемых, различающихся по физико-механическим свойствам. По этим данным можно оконтуривать участки, сложенные породами наименее устойчивыми, выветрелыми, гидротермально измененными, тектонически раздробленными и т.д.

2. Получение возможно более полной оценки водно-физических, прочностных, деформативных и др. свойств пород и руд, необходимых для выбора наиболее эффективных способов их разрушения и ведения горно-проходческих работ.

3. Получение прогнозной оценки вероятных изменений физико-механических свойств пород и руд при нарушении условий их естественного залегания.

В области геологической интерпретации данных физико-механических свойств горных пород большие успехи достигнуты геологами-нефтяниками. Ими составлена карта изоплотностей (линий равных объемных весов) для отдельных стратиграфических горизонтов. Она позволяет предварительно оценить благоприятности пород, как коллекторов нефти и выделять районы нефтенакпления [5,6]. Кроме того, карты составленные для магнитных свойств пород, представляют возможность определять направление сноса материала и области сноса.

Многими исследователями закономерные изменения физико-механических свойств горных пород, связанные с изменениями их вещественного состава и с условиями образования, используются для целей корреляции и расчленения осадочно-метаморфических толщ и интрузивных комплексов.

Наиболее правильная геологическая расшифровка геофизических данных возможна только на базе глубокого изучения физических свойств горных пород и их комплексов в различных геологических условиях. Геофизика широко использует плотностные, упругие, магнитные, электрические и др. свойства горных пород. Эти данные необходимы для интерпретации материалов поисков полезных ископаемых геофизическими методами.

В геофизических исследованиях наибольший эффект в определении упругих свойств можно получить при взаимосвязанных изучениях плотности, пористости, скорости прохождения упругих волн с петрографическими особенностями горных пород.

Как известно, горные породы являются весьма непостоянными по своему происхождению, условиям образования, составу, структурно-текстурным особенностям. Отсюда многие физико-механические параметры горных пород во времени являются переменными и поэтому величина показателей их свойств сильно варьирует. Установление закономерностей их изменения, нахождения корреляционных связей между петрофизическими параметрами и геологическими характеристиками, представляют возможность расчленить осадочно-метаморфические и магматические породы на толщи, горизонты, пачки, комплексы, исходя из возрастного последовательного формирования.

Характер пространственного разброса физико-механических свойств горных пород тесно взаимосвязан с изменением минералого-петрографического состава и последующей переработкой под действием различных геологических процессов.

Учитывая большую разрешающую способность физико-механических свойств горных пород в решении актуальных задач петроло-

гии, в 1964 г. при Петрографическом Комитете АН СССР была организована секция изучения физико-механических свойств горных пород. Задачей секции является координация работ по исследованию физико-механических свойств скальных пород с целью изучения влияния различных факторов (минеральный состав, история формирования, пористость, плотность, анизотропия и т.д.) на свойства горных пород, координации изучение земной коры и пограничных частей верхней мантии Земли, а также исследование влияния физических свойств горных пород на процессы рудообразования и рудовмещения [7].

В результате проведения систематических исследований в Институте физики СО АН СССР и ИГЕМ АН СССР [8] появился впервые в мировой литературе полный список констант породообразующих минералов. Изменения физических свойств пород от минерального состава и строения позволяют по петрографическим характеристикам прогнозировать свойства пород и наоборот, по свойствам пород оценивать их состав, состояние и возможное поведение [9].

Большие успехи достигнуты в исследовании физико-механических свойств горных пород в различных термодинамических условиях в Институте физики Земли АН СССР, в Институте геологических наук АН УССР и в других академических и отраслевых институтах.

Таким образом, акцент на физику горных пород и геологических процессов в настоящее время быстро завоевывает себе популярность. Особенно исследования физико-механических свойств пород важны для установления условий формирования интрузивных массивов, для расчленения магматических образований по механиз-

му и последовательности образования и разделения их по свойствам на комплексы [10,11,12,13]. Поэтому при рассмотрении петрологических вопросов, изучение физико-механических свойств может дать исследователю объективный и достоверный материал для выяснения механизма и условий формирования различных магматических тел.

В последние годы исследователи месторождений полезных ископаемых проявляют интерес к детальному изучению структуры рудных полей с применением объективных и точных методов, основанных на статистике. Среди таких методов наибольшее значение приобрели определения физико-механических свойств рудовмещающих пород. Данные по свойствам рудовмещающих пород имеют определяющее значение для выявления закономерностей формирования эндогенных месторождений и разработки поисковых критериев для поисков не выходящих на поверхность рудных тел. При этом особое значение имеют изучение пористости, проницаемости и упругие свойства рудовмещающих пород.

В исследованиях Б.В. Залесского [14], Д.А. Розакова [15], А.А. Пэк [16] и других показано, что поры являются ареной действия различных геологических процессов, ведущих к образованию благоприятных структур и локализации оруденения. Проницаемость горных пород тесно взаимосвязана с величиной общей пористости и характером порового пространства.

Экспериментальными исследованиями также установлено, что при деформации проницаемость горных пород резко возрастает. Эти данные позволяют составить представление о возможных перепадах давлений и температур в рудоносных растворах при движении их по трещинам, секущим породы с разной пористостью.

Разность в упругих свойствах рудовмещающих пород при определенной силе тектонических напряжений сказывается на интенсивности, трещиноватости, развивающейся в разных породах. На участках развития трещиноватости и предрудного гидротермального метаморфизма, обычно наблюдается приуроченность рудной минерализации.

В породах этих переработанных зон пористость изменяется в широких пределах в зависимости от характера постмагматического процесса. Предрудный метаморфизм подготавливает пространства в породах перед процессом рудоотложения. Процессы рудоотложения наиболее благоприятно идут тогда, когда эффективная пористость одних пород отличается от других примерно в 2 раза [17].

При изучении рудных месторождений многие исследователи выделяют благоприятные по составу породы, к которым оруденение приурочивается либо пространственно, либо связано с ним генетически. Для выделения таких участков наряду с использованием данных физико-химии, термодинамики, необходимо привлекать сведения о свойствах среды, в которой будут идти те или иные процессы. Физико-механические свойства пород являются также одним из определяющих факторов в формировании рудоконтролирующих структур.

Накопленный в настоящее время материал показывает, что совместный анализ результатов исследований физико-механических свойств, геологической обстановки и петрографических особенностей пород в каждом конкретном районе, рудном поле и в пределах региональной структуры, позволяет прогнозировать благоприятные для локализации оруденения участки, зоны и горизонты.

По данным исследования физико-механических свойств, пород золоторудных месторождений, подтверждена схема выделения субвулканических образований, малые интрузии. Выявлены особенности рудоконтролирующих структур, а также характер и степень действия гидротермально-метасоматических процессов [18].

Физико-механические свойства горных пород могут служить чувствительным индикатором структурно-деформационных преобразований [19] и фактором формирования первичных ореолов рассеивания геохимических элементов [20]. Эти факторы во многих случаях могут использоваться как ценные поисковые критерии для поисково-разведочных работ. Физико-механические свойства горных пород играют определенную роль в размещении эндогенного оруденения. Они необходимы для освещения и решения следующих вопросов локализации эндогенного оруденения и образования месторождений.

1. Количественная оценка оптимальных для рудоотложений пористости и проницаемости, для выявления комплексов пород и локальных участков благоприятных для рудоотложения.

2. Пористость и проницаемость используется для оценки околорудных ореолов рассеяния, их морфологии и особенностей структуры.

3. Анализа фильтрационной способности рудовмещающих пород.

4. Исследование физико-механических свойств пород для анализа тектонических структур рудных полей, месторождений и участки рудопроявлений.

5. Реконструкция условий формирования пород по показателям физико-механических параметров, их изменение во времени и в пространстве.

Эти рекомендации были приняты в Решении Совещания "Роль физико-механических свойств горных пород в локализации эндогенных месторождений", состоявшегося в марте 1971 г. в Москве.

В решении практических задач поисково-разведочных работ физико-механические свойства рудовмещающих пород используются для рационального выбора направления разведки месторождения, оценки прогнозных запасов и определения промышленной ценности изучаемого объекта.

В заключение нужно отметить, что исследование физико-механических параметров горных пород и использование их для решения конкретных задач становится популярным и имеет большую перспективу в будущем. Полезность таких исследований в литологии, петрографии, структурной петрологии, тектонике, инженерной геологии и рудной геологии в какой-то степени доказана.

Л и т е р а т у р а

1. ЗАЛЕССКИЙ Б.В. Методы исследования физико-механических свойств горных пород. Труды ИГЕМ АН СССР, вып. 12, 1958.
2. БЕЛИКОВ Б.П., ЗАЛЕССКИЙ Б.В. и др. Методы исследований физико-механических свойств горных пород. В кн. "Физико-механические свойства горных пород". Изд. "Наука", 1964.
3. ВОЗДВИЖЕНСКИЙ Б.И. и др. Физико-механические свойства горных пород и влияние их на эффективность бурения. Изд. "Недра", 1973.
4. НИКОЛАЕВ С.В. Изучение физико-механических свойств скальных пород применительно к оценке инженерно-геологических

условий месторождений. Тезисы докл. к школе-семинару по лабораторным методам изуч. инж.-геол. св-в г.п. Изд. ВСЕГЕИ ГЕО МГ СССР, 1972.

5. РОЗАНОВ Ю.А. Принципы и возможности геологической интерпретации данных по исследованиям физико-механических свойств горных пород. В кн. "Физико-механические свойства г.п. верхней части земной коры". Изд. "Наука", 1968.

6. ДОРТМАН Н.Б. Петрографическая характеристика кристаллических горных пород и составление петрофизических карт. В кн. "Физ.-мех. св-ва горн. пород верхней части земной коры". Изд. "Наука", 1968.

7. БЕЛИКОВ Б.П. Влияние петрографического состава и истории формирования горных пород на их физико-механические, в особенности упругие свойства. Труды IV Всес. петрогр. совещ. ч. II, Изд. "Наука", 1972.

8. БЕЛИКОВ Б.П., АЛЕКСАНДРОВ К.С., РЫЖОВА Т.В. Упругие свойства породообразующих минералов и горных пород. Изд. "Наука", 1970.

9. РЯБОВСКИЙ В.В. и др. К вопросу о зависимости физических свойств горных пород от минерального состава и строения. Мат. IV Всесоюзн. петрогр. совещ. Баку. 1969.

10. КАНЦЕЛЬ А.В., ЛАВЕРОВ Н.П. и др. Об использовании данных о физико-механических свойствах вулканогенных пород при решении вопроса их генезиса. В кн. "Физ.-мех. св-ва г.п. верхней части земной коры". Изд. "Наука", 1968.

11. ЗВЯГИНЦЕВ Л.И. Влияние условий формирования на физико-механические свойства гранитоидов. Изв. АН СССР. Сер. геол. № 5, 1972.



12. ПЭК А.А. О динамике ювенильных растворов. Изд. "Наука", 1968.

13. ЯКОВЛЕВ Г.Ф. и др. Субвулканические тела Блявинского района и медноколчеданное оруденение. Советская геология. Изд. "Недра", 1965.

14. ЗАЛЕССКИЙ Б.В. Пористость как одно из важнейших физических свойств горных пород. Мат. II Петрогр. совещ. Ташкент, Изд. АН УзССР, 1958.

15. РОЗАНОВ Ю.А. Роль физико-механических свойств горных пород в процессах петро- и рудогенеза. В кн. "Роль физ.-мех. св-в г.п. в локализации эндогенных месторождений". Изд. "Наука", 1973.

16. ПЭК А.А. О пористости интрузивных горных пород. Сб. физ.-мех. св-ва г.п. верхней части земной коры. Изд. "Наука", 1968.

17. ЗВЯГИНЦЕВ Л.И. Значение пористости горных пород в локализации сульфидного оруденения на Рудном Алтае. В кн. "Физ.-мех. св-ва г.п. верхней части земной коры". Изд. "Наука", 1968.

18. ВОЛАРОВИЧ М.П., РОЗАНОВА Н.А. и др. Физические свойства горных пород золоторудных полей и их роль в локализации оруденения. В кн. "Роль физ.-мех. св-в г.п. в локализации эндогенных месторождений". Изд. "Наука", 1973.

19. ЗВЯГИНЦЕВ Л.И., КОРОТКОВА О.Н. Исследование упругих свойств горных пород с целью анализа геологических структур. В кн. "Роль физ.-мех. св-в г.п. в локализации эндогенных месторождений". Изд. "Наука", 1973.

20. ГРИГОРЯН С.В., ЗУБОВ М.А., РОЗАНОВ Ю.А. О влиянии физико-механических свойств горных пород на формирование первичных геохимических ореолов. В кн. "Роль физ.-мех. св-в г.п. в локализации эндогенных месторождений". Изд. "Наука", 1973.

Печатается в соответствии с решением редколлегии
журнала "Известия АН Таджикской ССР, Отделение
физико-математических и геолого-химических наук"

от 18 марта 1975 года

В печать от 25.3.75

Тир 1

Цена 1 руб. 20 коп. и.

81658
Зак.

Производственно-издательский комбинат ВИНТИ
Льберцы, Октябрьский пр., 403.

3880