

Ապարների ֆիզիկական
հատկությունները
բարձր ճնշման և
ջերմաստիճանների
պայմաններում



Физические свойства
горных пород
при высоких давлениях
и температурах

ԵՐԵՎԱՆ—85—ԵՐԵՎԱՆ

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԱ ԵՐԿՐԱԲԱՆԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
Ի Ն Ս Տ Ի Տ ՈՒ Տ

ԵՐԵՎԱՆԻ ԱՇԽԱՏԱՆՔԱՑԻՆ ԿԱՐԿԻՐ ԴՐՈՇԻ ՇՔԱՆՇԱՆԱԿԻՐ
Կ.ՄԱՐԶՍԻ ԱՆՎԱՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ՍՍՀՄ ԳԱ Օ.Յ.ՇՄԻԴՏԻ ԱՆՎԱՆ ԼԵՆԻՆԻ ՇՔԱՆՇԱՆԱԿԻՐ
ԵՐԿՐԻ ՖԻԶԻԿԱՑԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

ՍՍՀՄ ԳԱ ԵՆԵ ԲԱՃԻՆ ԿԻՑ ԵՐԿՐԻ ԿԵԴՆԻԿ ԵՎ ՎԵՐԻՆ
ՄԱՆՏԻԱՑԻ ԿՈՄՊԼԵՔՍԱՑԻՆ ՀԵՏԱՋՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԳԻՅԱԿԱՆ
ԽՈՐՀՐԴԻ ԱՊԱՐԱՆԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՍԵԿՑԻԱ

552.14

ԱՊԱՐԱՆԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱԿԱՆ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԲԱՐՁՐ
ՎՆՇՄԱՆ ԵՎ ԼԵՐԿԱՍՏԻՃԱՆԻ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒԹ

7-րդ Համախոլթենական խորհրդակցության
գեկուցումների թեզիսները

Երևան, 28-30 մայիսի 1985 թ.

Ե Ր Ե Վ Ա Ն

-

1 9 8 5



ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК АН АРМЯНСКОЙ ССР
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ЕРЕВАНСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. К.МАРКСА

ОРДЕНА ЛЕНИНА ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ЗЕМЛИ
им. О.Ю. ШМИДА АН СССР

СЕКЦИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД
НАУЧНОГО СОВЕТА ПО КОМПЛЕКСНЫМ ИССЛЕ -
ДОВАНИЯМ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ВЕРХНЕЙ МАНТИИ
ПРИ ОГТТ АН СССР

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ
ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ

Тезисы докладов VII Всесоюзного Сопевания

Ереван, 28-30 мая 1985

ОТВЕТСТВЕННЫЕ РЕДАКТОРЫ

Аслаян А.Т., Волярович М.П.

РЕДКОЛЛЕГИЯ

Калинин В.А., Бажук Е.И., Вегуни А.Т.,
Добрынин В.М., Томашевская И.С.,
Пархоменко Э.И., Лебедев Т.С., Куханян А.К.

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие наук о Земле предъявляет новые требования к уровню познания физических свойств горных пород и минералов при высоких термодинамических параметрах. Требуемые данные должны быть точными и разносторонними, они должны охватывать возможно более широкую область давлений и температур. Такие данные необходимы для развития фундаментальных исследований и для решения прикладных народнохозяйственных задач. Они позволяют более определенно судить о строении и вещественном составе различных геосфер, о происходящих в Земле процессах, в частности о процессах протекающих в очагах землетрясений.

Повышение точности измерений, как и расширение круга изучаемых свойств, сопряжено с определенными экспериментальными трудностями: созданием новой техники и новых методов измерений. Но их преодоление оправдано тем, что новые данные, как это обычно бывает, откроют новые возможности для нетривиальных решений традиционных геофизических и геологических задач.

За четыре года, прошедших после VI Совещания (сентябрь 1981 г., Ташкент), получен ряд важных результатов, нашедших отражение в материалах настоящего сборника. В нем представлены работы по упругим, плотностным, деформационно-прочностным, электрическим, магнитным и тепловым свойствам горных пород, по физическим свойствам пород коллекторов нефти и газа, а также работы по применению этих свойств для построения петрофизических разрезов земной коры и верхней мантии ряда регионов.

В 1985г. исполнилось 35 лет со дня основания лаборатории высоких давлений ИФЗ АН СССР. Вслед за ней были организованы аналогичные лаборатории в ряде институтов. За эти годы отечественная геофизика высоких давлений прошла большой путь и достигала определенных успехов. Накоплен богатый опыт исследований при высоких давлениях, получен обширный материал по физическим свойствам горных пород и минералов в различных диапазонах давлений и температур.

Успешно развивается сотрудничество с зарубежными учеными, особенно с учеными социалистических стран.

Однако в области познания свойств вещества земных недр все еще недостаточное внимание уделяется таким актуальным вопросам, как зависимость свойств веществ от происходящих в них физических и физико-химических процессов, комплексное изучение свойств горных пород и минералов, поиск корреляционных связей между их различными характеристиками и вариаций этих связей от давления и температуры. Все еще эпизодичны обобщающие теоретические исследования. В зачаточном состоянии находятся работы по автоматизации сбора и обработки массивов экспериментальных данных при помощи ЭВМ.

От Совещания к Совещанию возрастает интерес к их тематике, о чем свидетельствует постоянно увеличивающееся количество заявляемых докладов. На VII Совещании, материалы которого публикуются в данном сборнике, предстоит подвести итоги выполненных за последние годы в Советском Союзе исследований физических свойств горных пород и минералов при высоких давлениях и температурах, рассмотреть пути их практического использования и обсудить основные направления дальнейших исследований.

НОВАЯ МОДЕЛЬ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА И ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ ЗЕМЛИ

Асланян А.Т., ИГиН АН Арм.ССР, Ереван

Модель основана на аппроксимациях оболочной теории многоэлектронных атомов и исходит из возможности гравитационной дифференциации соединений Fe, Mg, Si, O (с примесями Ni, S, Al, Ca, C, H и др.) по кеплеровым орбитам. Основные характеристики модели следующие.

1. Размеры радиусов орбит, совпадающих с основными границами раздела внутри Земли: $R_j = R_1 (K!)^{-1/3} (-1)^{K+1}$ (Функция Лагерра); $N_{max} = 2K_{max} + 1 = 11$, $K = 0, 1, 3, 5$. ($K=1$ - поверхность мантии, $K=3$ - поверхность внешнего ядра, $K=5$ - поверхность внутреннего ядра, $K=0$ - кора, R_1 - радиус Земли без коры, N_{max} - число возможных направлений геомагнитного диполя).

2. Статистический вес вещества на орбите K в единицах

репрезентативного атомного веса A или атомного номера Z (для тяжелых элементов внутреннего ядра $0,4 < Z < 0,5$; для менее тяжелых элементов ($Z \approx 0,5 A$) определяется выборками из уравнения $Z = (2S+1)(2J+1)$, $J=K$, $K=0,5$, $J=0,1/2$, $1,3/2$, $2,5/2$, $3,5/2$, $4,7/2$, $5,9/2$). Для внутренних сфер при $K = 1, 3, 5$ и $S = I$ среднее значение $Z_j = 3(2K+2)$, для внешних слоев этих сфер $Z_s = 3(2K+1)$, для отдельных оболочек $S=1/2$, $Z=2(2J+1)$, причем для Земли (без коры) $J=3/2$, $Z_m = 12(FeO \cdot MgO \cdot SiO_2)$, $P_1 = 6354$ км для мантии $Z \approx 10$, ядра в целом $Z = 24(FeNiSSi)$, $P_2 = 3417$ км, внутреннего ядра $Z \leq 36$, $P_3 = 1287$ км.

3. Отношения между A , Z и плотностью $\rho: \rho_n / \rho_m = Z_n / Z_m$. Плотность в центре $\rho_c = 4\pi^2 / 3 \pi G P_{max} = 13,543$ г/см³ соответствующее значение $Z \approx 30$ (Fe, Ni со значительными примесями $Cu, Mo, W, Au, Os, Ir, Pt$ и др., $P_{max} = 53,85$ мин = 3229 с (наибольший период свободных сфероидальных колебаний Земли), средняя плотность $\rho_m = 5,517$ г/см³, отношение плотности ρ_s поверхностного слоя внутренних сфер к средней их плотности $\rho_j: \rho_s / \rho_j = Z_s / Z_j = (2K+1)(2K+2)$, масса внутренних сфер m_j и гравитационное ускорение на этих сферах g для $K=1, 3, 5$; $m_j = M(k+1)(-1)^{k+1} / 2k!$ $K=0, 1, 3, 5$; $g_s = g_0(k+1)(-1)^{k+1} / 2(k!)^{1/3}$ (M - масса Земли, $g_0 = 6M/R^2$, для ядра $K=3$, $m_3 = 1/3 M$, $g_{max} = 1087$ см/с² для внутреннего ядра $K=5$, $m_5 = 1/60 M$, для поверхности внутреннего ядра $g_5 = 599$ см/с²).

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ И КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ЦЕЛЬЮ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Мовсесян Р.А., ЕрПИ, Ереван

Среди многочисленных способов обнаружения предвестников землетрясений определенное место занимает геодезические способы. Они используются на геодинимических полигонах в нашей стране и за рубежом.

В докладе рассматриваются возможности применения для указанных целей новых приборов и методов разработанных в ЕрПИ. Для дистанционного измерения вертикальных деформаций

предлагается гидродинамический метод нивелирования и системы СГДН изготавливаемые на опытном заводе ЕрПИ.

Для измерения горизонтальных деформаций рассматривается возможность использования высокоточных светодальномеров типа ВСД. Применение указанных приборов открывает возможность более широкого внедрения геодезических методов при решении задачи прогнозирования землетрясений.

ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПЕТРО- ФИЗИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ГЛУБИННОГО СТРОЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Вегуни А.Т., Шагинян Г.Ш., Юханян А.К.
ЕрПИ, Ереван

Анализ многочисленных моделей глубинного строения земной коры континентального типа отдельных регионов Земли с разными тектоническими режимами развития (геосинклиналы, орогены, внутриконтинентальные активизированные зоны, островные дуги и др.) указывает на определенные недостатки в методике построения таких моделей. Большинство имеющихся региональных петрофизических моделей земной коры частично или полностью неприемлемы для объяснения геологических процессов наблюдаемых в пределах верхних слоев коры (тектонических, магматических, метаморфических, металлогенических и др.), так как эти явления, посредством взаимодействия низов коры и верхней мантии, связаны с глубинными процессами.

Для построения моделей глубинного строения земной коры нами разработан перечень требований, учет которых позволяет повысить достоверность моделей и объяснить характер геологических явлений исследуемого региона.

С учетом таких требований разработана петрофизическая модель глубинного строения земной коры Армении, которая отражает гетерогенное и блоковое строение коры как по глубине, так и по латерали, а также выявляет процесс эволюции вещества коры во времени в отдельных тектонических зонах региона.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ПРИРОДА СЕЙСМИЧЕСКИХ ГРАНИЦ
ПО ДАННЫМ ИЗУЧЕНИЯ КЕРНА СВЕРХГЛУБОКИХ
СКВАЖИН ПРИ ВЫСОКИХ Р И Т

Воларович М.П., Ефимова Г.А., Наумова Е.В.

ИФЗ АН СССР, Москва

Кременецкий А.А., Кременецкая Г.П., Лапидус И.В.

ИМГРЭ, Мингео СССР, Москва

Бурение глубоких и сверхглубоких (Кольской сква. СТ-3 до 12 км, Миннибаевской скв. 20000 до 5 км и Саатлинской скв. СТ - I до 8,3) в районах, предварительно изученных методом ГСЗ, выявило резкое несоответствие между общепринятой геологической интерпретацией глубинных сейсмических границ и их реальной природой. В результате выполненного авторами комплексного изучения керна из указанных скважин, включающего массовые определения фильтрационно-емкостных и упругоплотностных свойств в породах близкого химического состава в нормальных условиях и при высоких Р и Т, получены следующие выводы методического и прикладного значения.

1. Установлено, что керн при подъеме с глубин более 5 км вследствие декомпрессии испытывает техногенное разуплотнение (ТР), приводящее к искажению петрофизических характеристик. Дана оценка степени ТР от глубины и показано, что широко практикуемый способ определения скоростей v_p и v_s в образцах, насыщенных водой или другими жидкостями, приводит, как правило, к ошибочным результатам. Наибольшее сходство с каротажными данными достигается путем коррекции измеренных значений только после введения поправок на Р и Т по экспериментальным данным.

2. Доказано, что в верхней части коры наклонные сейсмические границы определяются стратиграфическим контактами и согласными разрывными нарушениями, а субгоризонтальные - фиксируют зоны гидрогенно-геохимического разуплотнения, обусловленного палеогеодинамикой развития докембрийских структур.

3. Предложена новая модель глубинного строения континентальной коры, отличающаяся почти однородным дацитовым

составом на всю ее мощность. Это, а также результаты экспериментов при высоких Р и Т позволяют считать, что пологие сейсмические границы в нижней части коры обусловлены фазовыми переходами, имеющими региональное распространение.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД

Ганджумян Р.А., БрПИ, Ереван

Рассматриваются общие теоретико - методологические вопросы планирования эксперимента, которые являются мощным средством рациональной организации исследовательских работ, сокращения затрат и сроков их проведения.

Исследование физических свойств горных пород, с целью их применения к глубинным геологическим процессам, вынуждает экспериментатора оперировать с таким большим числом факторов, что проверка на опыте влияния всех возможных сочетаний факторов практически оказывается невозможной. Чтобы выявить закономерность изменения какого-либо физического свойства горной породы от множества влияющих факторов, необходимо каждый из факторов изменять хотя бы несколько раз при сохранении остальных неизменными.

Поэтому, при решении задач механики горных пород с помощью экспериментальных методов, планирование эксперимента должно стать неотъемлемой частью общей методики. В отличие от обычного подхода, при планировании оптимального эксперимента в каждой серии опытов одновременно, но по определенным правилам, варьируются все факторы. Изложены принципы использования комбинационных квадратов, цифровых матриц и других математических методов планирования экспериментов при исследовании физических свойств горных пород в условиях высоких давлений и температур.

Приведены примеры, иллюстрирующие эффективность применения методики планирования трудоемкого эксперимента по изучению физических свойств горных пород.

О ВОЗМОЖНОЙ ПРИРОДЕ ТЕКТОНИЧЕСКИ ОСЛАБЛЕННЫХ ЗОН В ЛИТОСФЕРЕ

Калинин В.А., ИФЗ АН СССР, Москва

Родкин М.В., МГУ АН СССР, Москва

Согласно геолого-геофизическим данным, литосфера в тектонически активных областях сложена сравнительно жесткими пластинами, разделенными механически ослабленными, легко деформируемыми слоями. Эти слои характеризуются пониженными скоростями распространения сейсмических волн и повышенной сейсмичностью. Причина образования ослабленных слоев не ясна.

В работе предлагается модель образования таких слоев, основанная на аномальности физических свойств твердых тел при фазовых переходах. Согласно экспериментальным данным, фазовые превращения в твердых телах сопровождаются увеличением пластичности, уменьшением прочности и понижением скоростей упругих волн. Эти эффекты должны также проявляться в тектонически активных областях литосферы, где, вследствие изменения термодинамических условий, происходят фазовые превращения в породообразующих минералах. При этом создаются механически ослабленные, легко деформируемые зоны, характеризующиеся пониженными скоростями сейсмических волн, и, возможно, повышенной сейсмичностью. В этих же зонах, вследствие понижения прочности пород, происходит интенсивное трещинообразование.

Полученные теоретические оценки понижения скоростей распространения продольных сейсмических волн в зонах фазовых переходов в литосфере и оценки мощности этих зон согласуются с геофизическими данными. Из этого следует, что по крайней мере, некоторые их ослабленных слоев в литосфере могут быть обусловлены фазовыми превращениями.

УРАВНЕНИЯ СОСТОЯНИЯ МИНЕРАЛОВ ПРИ
СВЕРХВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ

Усков О.А., Галимзянов Р.Ф., Трускиновский Л.М.,
Хитаров Н.И., ГЕОХИ АН СССР, Москва
Бубнова Н.Я., ИФЗ АН СССР, Москва

Особые перспективы при изучении минерального состава и внутреннего строения мантии открывает подход, связанный с физико-химическим моделированием химических и фазовых превращений в глубоких недрах Земли. Уравнения состояния (УРС) минералов при сверхвысоких давлениях составляют основу этого подхода.

1. Проведен сравнительный анализ наиболее распространенных методов построения УРС твердого тела (методы теории упругости, метод потенциала, эмпирические методы), рассчитаны и сопоставлены с экспериментом кривые сжатия минералов вплоть до 100 ГПа. Рассмотренные модели и методы приводят к хорошо согласующимся между собой и с экспериментальными данными результатам (исключения составляют УРС с выбором меры деформации по Лагранжу, а также уравнения Мур-нагана и Тэйта).

2. Разработан модифицированный вариант метода потенциала для построения УРС (в форме Ми-Грюнайзена) твердых фаз на основе термических и упругих констант при нормальных условиях, ориентированный на расчет химических и фазовых равновесий в широком диапазоне температур и давлений. Проведено сравнение теоретических кривых сжатия минералов с данными статических и динамических экспериментов. Показана высокая точность УРС для построения изотермических кривых сжатия и ударных адиабат на основе согласованной термодинамической информации по упругим модулям разных порядков, получаемой из данных акустических экспериментов.

3. Продемонстрированы возможности метода для расчета $P-V-T$ свойств, ударных адиабат, адиабатического и изотермического модулей сжатия, параметра Грюнайзена до 100 ГПа.

ПЛОТНОСТИ МИНЕРАЛОВ И ГОРНЫХ ПОРОД И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЕ МАНТИИ

Кусков Л.О., Трускиновский Л.М., Галимзянов Р.Ф.,
Хитаров Н.И., ГЕОХИ АН СССР, Москва

Уравнения состояния минералов и фазовые диаграммы минеральных систем позволяют независимо от сейсмологических данных моделировать упругие и термические характеристики вещества мантии в зависимости от глубины и температуры.

1. С целью модифицированного метода потенциала рассчитаны уравнения состояния минералов (как фаз низкого, так и высокого давления) в системе $MgO-FeO-CaO-Al_2O_3-SiO_2$ и горных пород (перидотитов, дунитов, эклогитов) при условиях верхней мантии и переходной зоны.

2. Для химически гомогенной мантии рассчитаны распределения плотности и адиабатического модуля сжатия на примере дунитового, перидотитового, эклогитового и пиролитового составов. Показано, что на глубинах 400 - 700 км сосредоточено большое число химических превращений фиксируемых сейсмическими методами, но вносящих дополнительные усложнения в модель химической структуры переходной зоны. Проведенное сопоставление с сейсмическими данными показывает, что независимо рассчитанный термодинамический профиль уверенно выявляет тонкую плотностную структуру переходной зоны.

3. Построена термическая модель переходной зоны, основанная на представлении о развитой проникающей конвекции в мантии. Выявлены особенности поведения геотерм в гетерофазных зонах. Расчеты для систем $MgO-SiO_2$ и $MgO-FeO-SiO_2$ дают дополнительное увеличение температуры в переходной зоне за счет источников тепла химического происхождения.

ВЛИЯНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И СТРУКТУРНЫХ
ИЗМЕНЕНИЙ НА УПРУГИЕ СВОЙСТВА ПОРОД, ПРЕ-
ТЕРПЕВШИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ Р И Т

Лебедев Т.С., Новик Г.Я., Корчин В.А.,

Зильберманит М.Г., Заворыкина Т.К.

Институт геофизики АН УССР, Киев

МГИ, Москва

При изучении упругих характеристик горных пород в модельных РТ - условиях, имитирующих конкретные региональные глубинные термобарические обстановки, обнаружены аномальные изменения $\nu_p, \nu_s = f(PT) = f(H)$ в виде зон их понижения и повышения. С целью более детального изучения состояния минерального вещества, испытывавшего воздействие определенных давлений и температур, были выполнены специальные опыты, направленные на выяснение возникающих при этом остаточных напряжений и структурных изменений. В качестве примера исследованы образцы гранита. До и после воздействия соответствующих Р и Т определялись размеры блоков в зернах кварца, их остаточные относительные деформации, плотность дислокаций, концентрации дефектов упаковки и двойников, а также остаточные напряжения. Изучению подвергались образцы после воздействия гидростатического и квазигидростатического давления до 0,5 ГПа. (при 20°C), а также претерпевшие программные РТ - изменения, регионально присущие глубинам 12 - 15 км ($P \approx 0,27$ ГПа, $T \approx 225^\circ\text{C}$) (зона понижения скоростей) и 23 - 25 км ($P \approx 0,53$ ГПа, $T \approx 310^\circ\text{C}$) (зона повышения скоростей).

Установлена корреляция начальных параметров структурного состояния кварца с упругими параметрами гранита. Структурные изменения в последнем при РТ - воздействии носят пороговый характер. Наибольшие нарушения структуры кварца в граните приурочены к термобарическим условиям глубин 12 - 15 км, т.е. зоны понижения скоростей. В следующем интервале "погружения" образца (до 23-25 км) наблюдаются такие структурные изменения, вследствие которых он вновь приобретает высокие значения скоростей. Следовательно, структурное

состояние кварца в породе несомненно является индикатором процессов, протекавших в ней при различных P - условиях (лабораторных опытах и в естественном залегании).

О КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЯХ МЕЖДУ ФИЗИЧЕСКИМИ
ПАРАМЕТРАМИ ОКИСЛОВ ЩЕЛОЧНО-ЗЕМЕЛЬНЫХ
МЕТАЛЛОВ, А ТАКЖЕ ГАЛОГЕНИДОВ

Пархоменко Э.И., ИФЗ АН СССР, Москва

Для решения ряда геологических и геофизических задач необходимо знать взаимосвязи между различными физическими параметрами минерального вещества. На примере окислов - MgO , CaO , SiO_2 и BaO и рядов галогенидов Zr , Na , K и Rb рассматривается корреляционная связь давления полиморфного перехода P_n с электросопротивлением ρ , соответствующим области собственной проводимости, диэлектрической проницаемостью ϵ и скоростями упругих волн v_p , v_s при нормальных условиях. Для окислов установлена прямая связь между P_n , v_p , v_s и ρ , что объясняется однотипным изменением этих характеристик с увеличением ионного радиуса катионов указанных выше окислов и энергии их кристаллической решетки. Диэлектрическая проницаемость в ряду $MgO - BaO$ обнаруживает обратную зависимость от параметров катионов и давления полиморфного перехода, что обусловлено механизмом поляризации.

Скорость упругих волн галогенидов щелочных металлов, аналогично окислам, возрастает с повышением их P_n . В то же время электросопротивление и диэлектрическая проницаемость для всех рассматриваемых рядов галогенидов при постоянном анионе проявляют неоднотипную закономерность изменения P_n . Большинство из них имеют противоположную по сравнению с окислами связь P_n с ρ , то есть электро - сопротивление уменьшается, а не увеличивается, как для ряда $MgO - BaO$. Отмеченное объясняется преобладающим у галогенидов ионным механизмом проводимости, при котором большее значение имеет подвижность ионов, в то время как у окислов наблюдается преимущественно электронный механизм.

Установленные связи между различными физическими параметрами для двух рассмотренных выше групп бинарных соединений, каждое из которых характеризуется одинаковым анионом, указывает на весьма существенное влияние параметров катиона (величины заряда, ионного радиуса и поляризуемости) на физические свойства вещества.

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ РУДНЫХ ТЕЛ, ВОЗБУЖДЕННЫХ УПРУГОЙ ВОЛНОЙ ВЗРЫВА

Соболев Г.А., Демин В.М., Майбук З.-Д.Я.
ИФЗ АН СССР, Москва

Под действием упругой волны взрыва в полиметаллических рудных телах возникает радиопульсное излучение (ИРЭМИ) / 1 / и электростатическая поляризация / 2 /. Показано, что

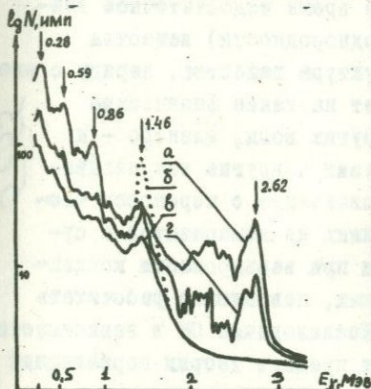


Рис. 1 Энергетические спектры γ - излучения эталонных образцов Т (а) и K^{40} (б), максимального фона (в), возбужденной упругой волной взрыва руды (г) за время 51,2 с.

в полиметаллических рудах регистрируется также вызванная упругой волной взрыва аномальная радиоактивность (ВУВВАР). Исследованиями ИФЗ и ВНИИГА / 3 / установлены свойства этого излучения: во вмещающей породе аномального излучения не наблюдается и оно не связано с эманацией торона и радона, длительность аномалии составляет несколько секунд, интенсивность аномалии превышает фоновую в 1,5 - 2 раза.

Энергетический спектр ВУВВАР совпадает с энергетическим спектром Т (2,615; 0,86; 0,583; 0,277 МэВ), в отдельных случаях K^{40} и U (рис. 1.).

Установлена временная связь возникновения электростатического заряда, аномальной радио-

активности и радиоимпульсного излучения полиметаллической руды, возбужденной упругой волной взрыва.

1. Соболев Г.А., Демин В.М., Лось В.Ф., Майбук З.-Ю.Я. Известия АН СССР, Физика Земли, вып. II, М., с. 72-86, 1982.

2. Соболев Г.А., Демин В.М., Лось В.Ф., Майбук З.-Ю.Я. ДАН СССР, т.267, № 6, с. 1340 - 1343, 1982.

3. Соболев Г.А., Демин В.М., Майбук З.-Ю.Я., Кузнецов О. Л., Караниколо В.Т., Свечкаев Ю.Н., ДАН СССР, т.276, № 3, с. 583 - 585, 1984.

ПЕРКОЛЯЦИОННЫЕ ПЕРЕХОДЫ И ИХ РОЛЬ В ГЕОФИЗИКЕ И ПЕТРОФИЗИКЕ

Челидзе Т.Д. Институт геофизики АН ГССР,
Тбилиси

При анализе природы сейсмических и иных геофизических границ в глубинах Земли в настоящее время недостаточное внимание уделяется роли структуры (неоднородности) вещества Земли. В то же время ясно, что структура вещества, наряду с его составом и фазовым состоянием влияет на такие физические свойства вещества, как скорости упругих волн, электро- и теплопроводность, коэффициент диффузии и другие так называемые обобщенные проводимости (ОП) связанные с переносом частиц или энергии. Для систем, состоящих из компонентов с существенно различными свойствами или при варьировании концентрации компонентов в широких пределах, невозможно рассчитать ОП без учета связности компонент. Исследование ОП в зависимости от связности компонентов составляет предмет теории перколяции.

Анализ поведения ОП в области порога протекания на горных породах и их моделях позволяет предположить:

а) некоторые границы в теле Земли могут быть следствием перколяционных переходов - например, граница слоя частичного расплава, где расплавленная фаза образует связанное состояние, что обусловит эффекты аналогичные переходу изолятор-металл.

5755

б) поскольку ОП крайне чувствительны к малым воздействиям в области перколяционного перехода, это может привести к аномально-высокой тензочувствительности физических свойств. В частности, этим эффектом можно объяснить явление смещения области максимального проявления геофизического (геохимического) предвестника от эпицентра готовящегося землетрясения (неоднократно наблюдавшееся в практике прогнозистических работ), если эпицентральная область менее чувствительна к напряжениям, чем соседняя, хотя напряжения в последней гораздо меньше.

в) наконец, столь сильная чувствительность систем вблизи порога протекания к малым воздействиям может быть ответственной за наблюдаемую экспериментально временную нестациональность физических характеристик вещества Земли, а также их нелинейность, особенно характерную для сейсмоактивных регионов.

УПРУГИЕ И ПЛОТНОСТНЫЕ СВОЙСТВА
ГОРНЫХ ПОРОД

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ДО 200°C НА СКОРОСТИ
ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН В СОЛЯХ ПРИ ГИДРОСТАТИЧЕС-
КОМ ДАВЛЕНИИ

Акулова Р.С., Гриценко И.А., Гребенников Н.П.
ВолгоградНИПИнефть, Волгоград

В настоящее время большое значение отводится открытию и освоению месторождений нефти и газа в подсоевевых отложениях на больших глубинах. Хомогенные (солевые) толщи являются надежными покрывками для нефтегазовых коллекторов. Знание физических параметров пород покрывок способствует безаварийной проводке скважин до проектных глубин.

Для детальной интерпретации литологического разреза скважин по данным акустического каротажа необходимо знание зависимости скорости продольной волны (v_p) в условиях, приближенных к пластовым. Указанную эталонную зависимость можно получить при изучении керна в соответствующих термобарических условиях. Лабораторные исследования керна проводились в установке высокого давления УВД - 6000 при одновременном воздействии гидростатического давления до 400 МПа и температуры до 200°C. Изучались образцы ангидритовой, бинифитовой и галитовой пород. В процессе эксперимента наблюдалось линейное изменение зависимостей v_p (Т) при постоянном давлении Р. Это изменение при давлении 400 МПа и температурах 20-200°C выражается в уменьшении скорости примерно на 1 % для ангидрита и 3 % для галита. Зависимость v_p (Т) для бинифита сохраняет общую тенденцию уменьшения скорости v_p порядка 1,5 % вплоть до плавления. Плавление бинифита наступает при температуре 152°C и давлении 300 МПа. Следовательно, исходя из данных эксперимента, можно ожидать лишь незначительное увеличение скорости v_p с глубиной.

Сопоставление экспериментальных данных скорости, полученной при различных термобарических условиях, и скорости,

рассчитанной для пласта по диаграммам акустического каротажа (АК), показало, что эталонной зависимостью для интерпретации диаграмм АК являются зависимости $v_p(P)$ при 200 МПа и температуре 80°C.

МЕТОДИКА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДИСПЕРСНЫХ МОДЕЛЕЙ МИНЕРАЛОВ И ГОРНЫХ ПОРОД

Бабаян Г.Б., Вегуни А.Т., ЕрПИ, Ереван
Калинин В.А., ИФЗ АН СССР, Москва

Создание метода определения упругих свойств горных пород при высоких давлениях по свойствам порообразующих минералов является актуальной геофизической задачей. В основу разрабатываемого нами метода положено экспериментальное исследование искусственных образцов минералов и горных пород, изготовленных пресованием из порошков.

При разработке методики изготовления образцов основное внимание обратилось на равномерность зерен и постоянство плотности по разным сечениям. Для достижения этих показателей необходимо приготавливать портки с соответствующими размерами зерен и соблюдать оптимальный режим пресования.

Разработанная методика позволяет получать искусственные образцы минералов и горных пород из дисперсных систем путем создания квазигидростатического давления в прессформе специальной конструкции. Изготовленные образцы покрыты тонкой свинновой оболочкой и имеют форму цилиндров высотой 20 мм и диаметром 20 мм. Исследование упругих свойств образцов не требует их извлечения из прессформы, так как сама прессформа является камерой высокого давления.

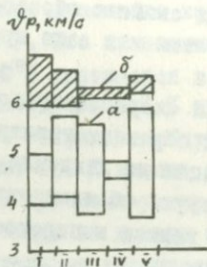
По стандартной методике определены скорости продольных ультразвуковых волн в искусственных образцах галита, пироксена и их смесей разных концентраций до давления 100 МПа. Полученные результаты свидетельствуют об идентичности упругих свойств естественных образцов галита и пироксена с их дисперсными моделями.

ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТЕЙ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН В ГРАНИТАХ РЕГИОНОВ ПРИ КВАЗИГИДРОСТА- ТИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЯХ ДО 1,0 ГПа

Бакиев Муз.Х., Институт сейсмологии АН
Уз. ССР, Ташкент

Составление скоростей продольных волн (v_p) проводилось на образцах гранитов, представляющих различные сейсмоактивные регионы. На рис. ниже приводится гистограмма, из которой видно, что граниты Казахстана, Кавказа и США имеют широкий интервал значений скоростей v_p при атмосферном давлении и эти значения находятся в пределах 4,05 - 5,73: 3,75 - 5,54 и 3,70 - 5,90 км/с соответственно, а кольские граниты показывают небольшой разброс значения v_p 4,48 - 480 км/с. При высоких давлениях более повышенные значения скорости v_p показывают граниты Узбекистана (на 0,3 - 0,4 км/с выше, по сравнению с v_p в гранитах других регионов), хотя плотности их относительно низкие (2,59 г/см³). При атмосферном давлении показывают не широкий диапазон и низкие значения скоростей продольных волн. Сопоставлены также результаты скоростей продольных волн для этих же пород, представляющие только сейсмоактивные зоны Узбекистана (орогенная область) и США (штаты Миннесота и Джорджия).

Диапазон v_p для гранитов



а - v_p при 1 атм; б - v_p при
1 ГПа; I-Уз.ССР; II-Каз.ССР; США.
III-Кавказ; IV-Кольский п-ов;
У-США

При атмосферном давлении в гранитах США скорости составляют v_p 3,7 и 4,6 км/с, а граниты Узбекистана имеют 4,63 км/с при значениях плотности в образцах США 2,66 и 2,62 г/см³ и в гранитах Узбекистана - 2,63 и 2,65 г/см³. При давлениях в 1,0 ГПа граниты Узбекистана имеют скорости продольных волн на 0,41 - 0,45 км/с выше, чем однотипные граниты сейсмоактивных районов

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА НА УПРУГИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД УЗБЕКИСТАНА

Бакиев Муз.Х., Ибрагимов А.Х., Бакиев Мел.Х.
Институт сейсмологии АН Уз.ССР, Ташкент

На квазигидростатической установке высокого давления типа цилиндр-поршень проведен ряд опытов на образцах различного литолого-генетического типа пород Узбекистана с целью выявления зависимости упругих свойств горных пород от количественного содержания породообразующих минералов и их соотношения в породе. Изучены граниты, гранодиориты-лейкократовый и биотитовый, гранит-порфиры, кварцевые порфиры, диориты, роговики и известняки. Построены области значений скорости продольных волн (v_p) в зависимости от процентного содержания породообразующих минералов: кварца, биотита, полевых шпатов, представленных плагиоклазом и микроклином, а для известняков-кальцита и доломита в интервале давлений от атмосферного до 1,0 ГПа для образцов пород с различными значениями плотности.

В качестве примера рассмотрим однотипные роговики из трех разных областей с различным минеральным составом, которые при атмосферном давлении имеют значения 4,35, 5,60 и 5,10 км/с соответственно. При давлении в 1,0 ГПа эти показатели изменяются до 6,17, 7,23 и 5,69 км/с соответственно. Увеличение скорости для роговинов одной области составило 1,82 км/с, а для другой всего лишь - 0,59 км/с. В данном случае максимальное увеличение скорости в роговиках наблюдается за счет присутствия в его составе слюды (8%), которая, как известно, обладает высокими упругими свойствами. Рассчитаны области значений скорости v_p в зависимости от изменения упругих параметров породообразующих минералов при увеличении приложенного давления. Учитывая гетерогенность горной породы, нами вводились поправки при расчете скоростей v_p для каждого литологического типа породы. Проведенные исследования позволяют уточнить вещественный состав земной коры и объяснить наличие в ней слоев пониженных скоростей.

ВОЗДЕЙСТВИЕ Р И Т НА СТАБИЛЬНОСТЬ СЕРПЕНТИНИТОВ И ГАББРО - НОРИТОВ

Бадакишиев Ш.А., Гасанов А.Б.

ИГ АН Азерб.ССР, Баку

Известно, что при одновременном воздействии высоких давлений и температур в горных породах существенные петроструктурные преобразования. Они в свою очередь, приводят к изменению физико-химических свойств. В связи с этим представляется важным изучение закономерностей указанных преобразований и установление предельных термобарических интервалов стабильности горных пород.

Для решения этой задачи были изучены последствия воздействия высоких давлений и температур на минералы, входящие в состав серпентинитов и габбро Малого Кавказа. С этой целью, для образцов пород до и после воздействия Р и Т проводились термический анализ и петрографические исследования. За период, равный средней продолжительности экспериментов (от 1,5 до 4 час.) серпентиниты стабильны в интервале давлений до 1,8 ГПа при температуре 20°C, хотя микроскопическое изучение выявило незначительное уплотнение упаковки минеральных зерен. Это свидетельствует о том, что при длительных нагрузках породы способны приобретать и сохранять "следы" в виде соответствующих микроструктурных изменений. При одновременном воздействии на серпентиниты давления 0,5 ГПа и температуры 350°C обнаружено выделение адсорбционной воды, что предшествует разрушению кристаллической решетки минеральных фаз, выделению конституционной воды и образованию из продуктов распада новых минералов.

Термические и микроскопические анализы габбро-норитов не несли существенной информации, ввиду термоинертности и высокой плотности этих пород в интервале температур 20 - 1000°C. Следовательно, интервал термодинамической стабильности габбро-норитов включает давления не менее 0,0001 - 1,8 ГПа и температуры 20 - 1000°C.

ПРИЧИНЫ АНИЗОТРОПИИ СКОРОСТЕЙ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН В ГРАНИТОИДАХ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕРМОДИНА- МИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Баласаян В.С., ИФЗ АН СССР, Москва

В последнее время стали актуальными лабораторные исследования анизотропии скорости упругих волн, отражающей закономерную связь ориентированной микроструктуры горных пород с тектонической историей их геологического развития. Для исследований были выбраны три наиболее представительные группы пород гранитоидной формации Армении. Наибольшей анизотропией ν_p обладают гранитогнейсы метаморфического комплекса. Так при давлении 1,5 ГПа в образцах этих пород коэффициент анизотропии достигает 48 %. Известно, что текстурным эффектом пород может быть обусловлено максимум 20 % изменения ν_p , причиной же такой высокой анизотропии, как показал анализ шлифов, является ориентировка присутствующего в гранитогнейсах биотита (15 % состава породы), образующего по слоистости вытянутые цепочки или линзы.

В другой группе представлены разновозрастные плагиограниты порфировидной структуры, которые обнаруживают анизотропию упругих параметров, связанную с их внутренним строением. Так коэффициент анизотропии возрастает по мере увеличения количества порфировидных включений. В крупнозернистых порфировидных разновидностях анизотропия выражена резче, чем в мелкозернистых. В то же время у пород с редкими порфировидными выделениями практически отсутствует анизотропия ν_p .

Наиболее интересные результаты были получены при исследовании кварцевых диоритов третичного возраста. Высокая анизотропия ν_p здесь обусловлена преимущественной ориентировкой зерен амфибола и биотита (до 25 % минерального состава породы). Причем такая ориентировка темноцветных минералов в этих породах вызвана течением вязкого магматического расплава на стадии внедрения интрузии. Этот вывод подтверждается тем, что массив кварцевых диоритов, где отбирались образцы, характеризуется первичной структурой течения, образовавшейся до момента окончательного затвердевания магмы.

Таким образом, исследования показали, что причиной анизотропии ν_p гранитоидов являются их структурные особенности и преимущественная ориентировка темнотных минералов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ПО СВОЙСТВАМ ПОРОДООБРАЗУЮЩИХ МИНЕРАЛОВ

Бажж И.О., ИФЗ АН СССР, Москва

Горная порода рассматривается как агрегат из кристаллитов породообразующих минералов с разной ориентацией кристаллографических осей. В геофизике для определения упругих свойств горной породы по упругим свойствам минералов широко используется метод Фойгта-Реусса-Хилла. Однако этот метод не учитывает ориентацию кристаллографических осей, взаимодействие разнородных минералов в породе, не позволяет учесть наличие пористости.

В последнее время для описания упругих свойств поликристаллических материалов стал широко применяться теоретико-вероятностный подход. Среди теоретико-вероятностных методов наиболее подходящим для геофизических исследований является метод обобщенного сингулярного приближения, который позволяет учесть многочастичные взаимодействия кристаллитов, обусловленные различной ориентацией их кристаллографических осей. Данный метод детально разработан для описания упругих свойств однофазных поликристаллов.

Основной целью данной работы явилось обобщение этого метода для случая многофазных поликристаллов, каковыми и являются горные породы. С помощью этого метода учтено взаимодействие кристаллитов не только одной фазы, но и взаимодействие разных фаз. Метод описывает анизотропию и пористость горной породы.

Рассчитанные с помощью этого метода модули упругости сравниваются с экспериментальными данными.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТЕЙ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН В МОНОКРИСТАЛЛЕ ОЛИГОКЛАЗА ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Баяк Б.И., ИГиРГИ МНП и АН СССР, Москва
Прос З., Институт геофизики ЧСАН, Прага

Скорости упругих продольных волн в монокристалле олигоклаза изучались двумя методами. Первый метод состоял в испытании при квазигидростатическом давлении до 2000 МПа цилиндрических образцов диаметром 16 мм и высотой 20 мм, вырезанных в основных кристаллографических направлениях (ИФЗ АН СССР). Во втором методе образец в форме шара диаметром 40 мм испытывался при всестороннем давлении до 400 МПа (ИГ ЧСАН).

На основании акустических измерений в шаре построены пространственные диаграммы изолиний скоростей, анализ которых показал, что диаграммы имеют три полюса с наименьшим значением скорости, значительно более высоким и максимальным. Скорости возрастают с повышением давления, хотя и непропорционально, положение полюсов изменяется весьма мало. Такое распределение скорости соответствует орто-ромбической структуре кристалла.

При измерении скоростей упругих волн в цилиндрических образцах минимальное значение получено в направлении кристаллографической оси $[100]$, среднее - в направлении $[001]$ и максимальное - в направлении $[010]$. При этом средняя скорость изменяется с давлением значительно сильнее, чем две другие.

Сопоставление результатов, полученных для цилиндрических образцов и шаровидных, показало их хорошее совпадение.

Следует отметить, что для расчета упругих характеристик олигоклаза требуется измерение скоростей в цилиндрических образцах, вырезанных в нескольких определенных кристаллографических направлениях из одного монокристалла. В шаре эти направления легко определить из одного цикла измерений. При этом одновременно с данными о скорости продольных волн должны быть получены значения скорости поперечных волн.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ЯЧЕЕК ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ
КАМЕР "ЦИЛИНДР - ПОРШЕНЬ" МЕТОДОМ ПРЕС-
СОВАНИИ ПОРОШКОВ

Бдоян А.А., Юханнян А.К., Шагинян Г.Ш.,
ЕрПИ, Ереван

Известно, что при изготовлении и сборке реакционных ячеек для камер высокого давления типа "цилиндр-поршень" возникают определенные трудности, связанные с механической обработкой и сборкой материала передающего давление (пиррофиллит, тальк и др.) и нагревательного элемента - графита. Исходя из этого, разработана технология изготовления ячеек высокого давления методом прессования порошков указанных материалов.

Чистота петрофизического эксперимента при высоких термобарических условиях зависит от точности поддержания температурного режима в рабочем объеме камеры высокого давления.

Для решения этой проблемы использована специальная силовая установка с блоком тиристоров управления, работа которого осуществляется с помощью ВРТ. Этот регулятор позволяет автоматически поддерживать температуру в широком изобарическом режиме с точностью $\pm 1^\circ\text{C}$.

Полученные упруго-плотностные характеристики эталонных образцов в таких контейнерах при высоких РТ условиях хорошо согласуются со справочными данными.

ЗВИСИМОСТЬ СКОРОСТЕЙ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН
У ГРАНИТОИДОВ АРМЕНИИ ПРИ ВЫСОКИХ Р,Т,
УСЛОВИЯХ ОТ ВОЗРАСТА, МИНЕРАЛЬНОГО СОС-
ТАВА И СТРУКТУРНЫХ РАЗЛИЧИЙ

Волярович М.П., Баласанян В.С., ИФЗ АН СССР,
Москва

Исследуемые, в данной работе, породы гранитоидного комплекса Армении характеризуются индивидуальными особенностями минерального состава, структуры, текстуры и генезиса,

являющихся основными факторами, влияющими на упругие свойства горных пород. Так группы палеозойских и юрских плагиогранитов, весьма сходных по составу, резко отличаются по значениям v_p . Палеозойские плагиограниты, показывающие более высокие значения v_p и плотности, в период своего формирования успели пережить региональный метаморфизм и находились под воздействием тектонических напряжений. Гранитоиды разного генезиса также хорошо дифференцируются по v_p . Гибридные гранитоиды отличаются от подобных пород магматического происхождения повышенными значениями v_p , что связано с возрастанием в них содержания темноцветных минералов. Жильные породы, возникшие позже гранитоидов магматического генезиса и в иных термодинамических условиях, характеризуются пониженными значениями v_p . Существенное уменьшение v_p установлено в гранитоидах, подвергшихся воздействию катаклаза, натриевого и калиевого метасоматоза, гидротермальных растворов и минерализации. Как показали микроскопические исследования шлифов, низкие значения скорости продольных волн v_p связаны с изменением минерального состава пород под воздействием постмагматических растворов — выносе компонентов темноцветных минералов (Fe, Mg, Ca) и привносе компонентов светлых минералов (Si, Na, K).

v_p . Таким образом, гранитоиды Армении показывают достаточно высокие значения v_p , не характерные для пород кислого состава. Это в первую очередь относится к гранитоидам третичного возраста, которые по сравнению со средними типами аналогичных пород по Дели отличаются повышенным содержанием компонентов цветных минералов и в причинной связи с этим высокие значения v_p . Кроме того, существенными факторами, влияющими на v_p , являются возраст, структура, текстура и условия формирования гранитоидных пород.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ
ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ КАК
ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОСНОВА СИСТЕМЫ "ЗЕМЛЯ-
СКВАЖИНА" (НА ПРИМЕРЕ СКВАЖИНЫ СГ - 3)

Галдин Н.Е., Кузнецов О.Л., Кузнецов Ю.И.
ВНИИГПТ, Москва

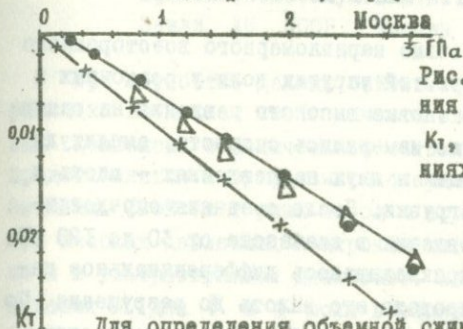
Комплексная интерпретация космических, наземных и скважинных исследований, важнейшим звеном которой является подсистема "Земля-скважина", в последние годы является одной из основных прикладных задач геофизики.

Рассмотрен пример комплексного геолого-геофизического изучения разреза Кольской скважины СГ-3 и прилегающего к ней района восточной части Балтийского щита, причем рассматриваются прежде всего результаты сейсмо-акустических и сейсмических исследований в стволе скважины и на поверхности, данные ГИС (геофизические исследования скважины) и лабораторные исследования упругих свойств пород при нормальных и при высоких давлениях и температурах с учетом термобарической обстановки и напряженного состояния массива горных пород, вскрытых скважиной.

В результате проведенных комплексных исследований выявилась значительная неоднородность толщ пород кристаллического фундамента и большие колебания этих свойств по латерали и по вертикали. При комплексной интерпретации скважинных и наземных методов с учетом лабораторных измерений при высоких P и T была построена сейсмоакустическая модель скважины СГ-3, выявлены типы зон пониженных скоростей, специфические особенности показаний различных сейсмоакустических и сейсмических методов, в частности - ГСЗ. В результате нашли объяснение те погрешности, которые были в свое время допущены при интерпретации ГСЗ и намечены пути наиболее рационального комплексирования методов исследований в подсистеме "Земля - скважина".

ЭКСПРЕСС - МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЖИМАЕМОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМ- ПЕРАТУРАХ

Генштафт Ю.С., Бораунов В.А., ИФЗ АН СССР,



Для определения объемной сжимаемости твердых тел до сих пор успешно используется смещения поршня. Однако точность получаемых результатов сильно зависит от установленных величин поправочных членов, учитывающих упругую деформацию канала сосуда высокого давления (пьезометра), сжимаемость передающей давление среды, и деформацию силовых элементов аппаратуры. Погрешность метода возрастает при изучении сжимаемости в условиях высоких температур.

Нами использован относительный метод определения сжимаемости, при котором $\left(\frac{\Delta V}{V_0}\right)_T = \left(\frac{\Delta l}{l_0}\right) - K_T$, где $\left(\frac{\Delta V}{V_0}\right)_T$ - изотермическое относительное изменение объема образца, $\left(\frac{\Delta l}{l_0}\right)_T$ - измеряемые в процессе опыта смещение плунжеров пьезометра, отнесенные к начальной длине, K_T - изотермическая поправка, полученная эмпирически по известным данным (использована сжимаемость свинца, индия, висмута, железа, алюминия). Для нашей установки в интервале 20 - 120°C величина K_T практически не зависит от температуры (см.рис.). Приводится описание камеры, позволяющей работать до давления 3 ГПа при температурах не более 250°C. В указанном РТ - диапазоне изучена сжимаемость монокристаллов полевого шпата, ильменита, моноклинического пироксена.

АНИЗОТРОПИЯ СКОРОСТЕЙ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН В ГОРНЫХ ПОРОДАХ ПРИ СЛОЖНОМ НАПРЯЖЕ- НОМ СОСТОЯНИИ

Дьяур Н.И., ИГиРГИ МНП и АН СССР, Москва

Исследовалось воздействие неравномерного всестороннего сжатия на анизотропию скоростей упругих волн у осадочных и магматических пород. В установке высокого давления на одном образце породы одновременно измерялись скорости, амплитуды продольных волн и деформации в двух направлениях — вдоль и поперек оси приложения нагрузки. После создания определенного гидростатического давления в диапазоне от 30 до 180 МПа параллельно оси образца прикладывалось дифференциальное напряжение, которое деформировало его вплоть до разрушения. По результатам измерений определялся коэффициент анизотропии скорости продольных волн

$$A = \frac{v_{II} - v_I}{v_I} \cdot 100\%$$

У представителей осадочных пород: песчаников и алевролитов коэффициент анизотропии скорости увеличивается на несколько процентов на начальной стадии воздействия осевого напряжения в условиях высокого давления, затем в интервале примерно от 20 до 75 % от разрушающего напряжения незначительно растет или флуктуирует, а перед разрушением быстро возрастает, достигая значений 15 - 40 %.

Для габбро-диабазов характер изменений коэффициента анизотропии скорости при сложном напряженном состоянии подобен наблюдаемому у осадочных пород, но количественно выражен слабее. Коэффициент анизотропии скорости перед разрушением составляет I,15 - II,9 %.

Основную ответственность за изменение упругой анизотропии перед разрушением несет скорость v_I , которая падает сильнее, чем v_{II} . На этой же стадии деформирования увеличивается разуплотнение и улучшаются коллекторские свойства осадочных пород.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАТУХАНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН В ОБРАЗЦАХ НЕКОТОРЫХ ПОРОД ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Ефимова Г.А., Жуков И.В., Институт Физики
Земли АН СССР, Москва

При обработке данных сейсмических наблюдений и сейсморазведки возникает необходимость интерпретации высокочастотных компонент сейсмического сигнала [1,2]. В связи с этим представляются актуальными экспериментальные оценки диссипативных свойств горных пород и породообразующих минералов при высоких давлениях в широком интервале частот, в том числе и в ультразвуковом диапазоне. Значения коэффициента затухания $\mathcal{L}$ для P и S волн в образцах некоторых пород получены ультразвуковым импульсным методом только на нескольких фиксированных частотах [3]. Эти работы выполнены в камерах гидростатического давления, в установках квазигидростатического сжатия проведены лишь единичные опыты.

В данной работе, выполненной на установке типа цилиндр - поршень, на основе разработанной методики выделения частотной характеристики затухания сигнала непосредственно в исследуемом образце и спектрального анализа прозвучиваемой системы, получены зависимости коэффициента затухания P - волн $\mathcal{L}_P$ от частоты f при давлениях до 2000 МПа для гранитоидов Армении и кальцитсодержащих пород Карелии.

В интервале частот 0,1 - 50, МГц зависимости $\mathcal{L}_P(f)$ для гранитоидов с хорошей точностью могут быть аппроксимированы линейными функциями при фиксированном давлении (в интервале от 200 до 2000 МПа). Для кальцитсодержащих пород при давлениях 1400 - 1800 МПа указанные зависимости носят сложный характер, что связано с полиморфным переходом кальция [4,5]. Отмечена корреляция между понижением ν_P и увеличением $\mathcal{L}_P$.

1. Берзон И.С. Высокочастотная сейсмика. Изд. АН СССР, М., 1957
2. Берзон И.С. Пасечник В.И., в сб. Вопросы разведочной геофизики. Вып. 9. "Недра", Л., 1969, с. 10-18.

3. Левыкин А.И. Изв.АН СССР, сер.геофиз., 1962, № 3, с. 389 - 391.
4. Wang C.-Y., Meltzer M. *Journ. Geophys. Res.* 78, 1973, p. 1293 - 1298.
5. Волярович М.П., Баян Е.И., Ефимова Г.А. Упругие свойства минералов при высоких давлениях. "Наука", М., 1975.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ ЗАВИСИМОСТИ $\rho = f(v_p)$ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ПОРОД И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИ ГРАВИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

Красовский С.С., Институт геофизики АН
УССР, Киев

Для определения значений плотности ρ по значениям скорости v_p сейсмических разрезов выполнены обобщение и статистическая обработка 2180 определений v_p для образцов из разных регионов при высоких давлениях. Получены общая регрессия типа $\rho = a + b v_p$ и частные регрессии по отдельным регионам и для разных петрографических типов пород. Здесь обращает на себя внимание, что коэффициенты b всех регрессий для типов пород меньше, чем b у общей зависимости, которая является линией, около которой группируются средние параметры отдельных типов пород как бы смещаясь вдоль нее по мере увеличения основности пород и степени их метаморфизма. Характерно, что средние значения параметров всех кислых пород смещены влево от общей зависимости, т.е. при идентичных скоростях плотности кислых пород меньше, чем в целом для кристаллических пород. Для ультраосновных, щелочных пород, эглогитов, гранулитов отмечается смещение вправо от общей зависимости. Это явилось предпосылкой для использования указанных поправок с целью прогнозирования вещественного состава пород глубинных структур.

По разработанной методике с использованием зависимости $\rho = f(v_p)$ и априорной геолого-геофизической информации составлены плотностные модели по ряду пересекающихся профилей на Украине и смежных территориях, на Канадском и Индийском щитах и в других регионах. Как один из примеров возможностей гравитационного моделирования может служить профиль ГСВ в

центральной части УЩ. Здесь над скоростным разрезом, четко вырисовывающим антиклинорную структуру, наблюдался минимум гравитационного поля. Согласование расчетного и наблюдаемого полей было достигнуто с помощью учета поправок к общей зависимости $\rho = f(\nu_p)$. Для центрального блока кировоградских гранитов плотности были уменьшены на 0,03 - 0,05 г/см³, а для блоков чарнокитов и существенно основных разностей пород - увеличены на 0,02 - 0,04 г/см³.

УПРУГИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОРОД ИЗ СЛОЖНОНАПРЯЖЕННЫХ ЗОН ЗЕМНОЙ КОРЫ В РАЗЛИЧНЫХ ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Лебедев Т.С., Корчин В.А., Половинкин Б.В.,
Буртний П.А., Шевченко В.И.
Институт геофизики АН УССР, Киев
Кировское ПГО МГ СССР, Киев

В экспериментальных лабораторных условиях высоких давлений и температур изучены упругие свойства гранитоидов и гнейсов центральной части Ингуло-Ингулецкого района Украинского щита - весьма сложно построенного докембрийского складчатоблокового сооружения.

Оказалось, что при атмосферном давлении и комнатной температуре однотипные и близкие по своему минеральному составу образования разных участков отличаются между собой средними статистическими величинами упругих параметров и их анизотропией. Эти различия сохраняются и в условиях гидростатического (до 0,5 ГПа) давления, а также при одновременном воздействии квазигидростатического (до 0,55 ГПа) и температуры (до 350°C).

Общий анализ упругих характеристик и петрографических особенностей указанных пород, наряду с результатами опытов при высоких давлениях и температурах, информацией о геологической структуре региона, позволили предположить, что обнаруженные отличия их упругого состояния можно связывать со сложной неоднородностью распределения напряжений, существующих или существовавших здесь в земной коре, и эволюцией

разломноблоковой тектоники.

Дальнейшее комплексное изучение упругих параметров различных пород в соответствующих модельных термобарических условиях позволит также выяснить более детальные черты геолого-тектонического строения и развития этого и других районов Украинского щита.

ВЛИЯНИЕ ВОДЫ НА ТЕМПЕРАТУРНУЮ ЗАВИСИМОСТЬ ПЛОТНОСТИ БАЗАЛЬТОВОГО РАСПЛАВА ПОД ДАВ- ЛЕНИЕМ ДО 500 МПа

Лебедев Е.Б., Дорфман А.М., Багдасаров Н.Ш.,
Хитаров Н.И., ГЕОХИ АН СССР, Москва

Экспериментальное изучалась зависимость изменения удельных объемов базальтового расплава под давлением воды до 500 МПа и температурах 1473 - 1573 К от содержания воды (от сухих до насыщенных водой условий).

Результаты показали, что удельный объем содержащего воду расплава изменяется по кривой, отличающейся от линии, соединяющей объемы чистых компонентов. Так, например, при 500 МПа и 1473 К удельный объем базальтового расплава, содержащего 8,5 масс. % H_2O равен $3,97 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{кг}$, а по идеальной зависимости должен был равняться $4,45 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{кг}$. Положение кривой мольного объема расплава определяется величинами парциальных мольных объемов воды и силикатного компонента, и значения их используются для объяснения структурного взаимодействия воды и силиката.

Изменение удельных объемов базальтового расплава при растворении воды значительно меньше, чем у кислых расплавов (гранитного, альбитового). Так, например, при растворении 2 масс. % H_2O при 500 МПа и 1473 К в гранитном расплаве $\Delta V = 0,14 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{кг}$, в базальтовом расплаве $\Delta V = 0,10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{кг}$. Это объясняется различием структурного механизма взаимодействия кислых и основных расплавов с водой.

Анализ уравнения полного дифференциала химического потенциала растворенной воды на основе экспериментальных данных по плотности показал, что наблюдаемое расширение диапазона

между изобарами удельных объемов базальтового расплава при высоких температурах должно привести к изменению величины теплового эффекта растворения воды.

Сопоставление упругих и реологических зависимостей с полученными данными по плотности позволили получить ряд общих выводов по характеристике физических свойств магматических расплавов, необходимых для оценки дифференциации и динамики магм при их движении к поверхности Земли.

ВЫДЕЛЕНИЕ ЩЕЛОЧНЫХ ПОРОД В ИНТРУЗИЯХ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ПО ФИЗИЧЕСКИМ СВОЙСТВАМ ПОРОД ПРИ ВЫСОКИХ Р И Т

Левитова Ф.М., ИМГРЭ Мингео СССР, Москва
Баян Е.И., ИГИРГИ МНП и АН СССР, Москва

Проведено экспериментальное изучение ν_p и ν_s при давлениях до 1500 МПа для пород щелочно-ультраосновной формации, северной Сибирской платформы (Маймеча-Котуйская провинция), а также ее южной части (Белозиминское месторождение). Данная формация характеризуется уникальным сочетанием различных по составу и геохимической специализации пород (ультрабазиты, щелочные породы, карбонатиты).

Особый интерес представляют щелочно-ультраосновные породы так как с ними связаны рудные месторождения. Данные породы: ийолиты, уртиты, мельтегиды характеризуются различным соотношением основных минералов: пироксена и нефелина, при этом содержание нефелина превосходит 50 %. Задачей исследования было сопоставление физических свойств пород щелочно-ультраосновной формации при высоких давлениях р и температурах Т (табл.) с целью выделения щелочных пород.

Порода	$\nu_p (10^3 \text{ м/с})$ при р (МПа)		А (%)	$d' (10^{-2} \text{ г/м}^3)$ $\rho (\text{ом.м})$	
	500	1500	при р (МПа)	при 1 атм	при Т (К)
ультрабазиты	6,85-7,9	7,0-8,2	11-13	2,9-3,31	10^8
щелочные	6,54-6,7	6,7-6,8	0,9	2,63-2,75	10^6
карбонатиты	6,8 -7,0	6,9-7,2		2,84-2,91	10^9

Как видно из таблицы, щелочные породы по своим физическим свойствам выделяются среди упругих пород формации. Они обладают наиболее низкими значениями скоростей продольных волн и плотности во всем интервале значений p , для них не свойственна анизотропия скорости. Величины скорости и плотности зависят от содержания в щелочных породах пироксена-эгирина и выше в тех где эгирина больше. По значениям электросопротивления - $\int$ щелочно-ультраосновные породы отличаются от других пород на два порядка.

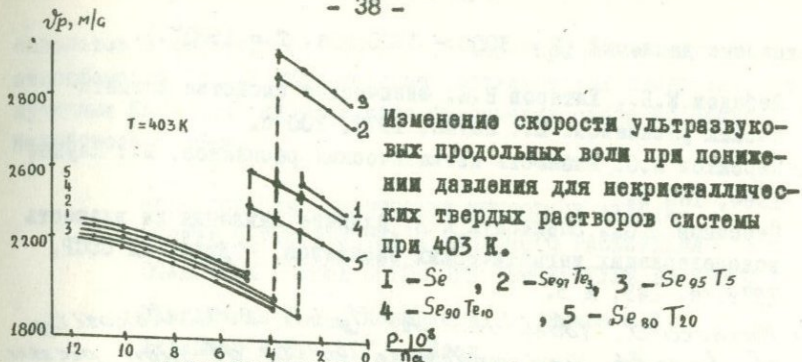
СКОРОСТЬ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН
И СЖИМАЕМОСТЬ В ТВЕРДЫХ РАСТВОРАХ СИСТЕМЫ
Se-Te ПРИ ДАВЛЕНИЯХ ДО 2 ГПа

Левыкин А.И., ИФЗ АН СССР, Москва

Алексеев В.А., Институт атомной энергии
АН СССР, Москва

Гаджиев М.Ф., Мехтиева С.И., Гаджиев Т.Г.
Институт Физики АН Азерб.ССР, Баку

В некристаллических и кристаллических образцах селена и твердых растворов селен-теллур при квазигидростатических давлениях до 2 ГПа проведены измерения скорости ультразвуковых продольных волн и сжимаемости. Для некристаллических образцов при увеличении содержания теллура наблюдается слабая зависимость скорости продольных волн и уменьшение сжимаемости. Для кристаллических образцов изменение скорости продольных волн носит сложный характер, что связано со структурным состоянием твердых растворов селен-теллур. Скорость продольных волн в кристаллических образцах с увеличением давления плавно возрастает, а с повышением температуры линейно уменьшается. Резкие скачки скорости продольных волн (см.рис.) и плотности в некристаллических образцах при определенных значениях давления и температуры обусловлены фазовым переходом в твердом растворе из некристаллического состояния в кристаллическое.



МЕХАНИЗМ АНОМАЛИ БАРИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ ВЯЗКОСТИ МАГМАТИЧЕСКИХ РАСПЛАВОВ

Персигов Э.С., Бухтияров П.Г., Институт
 экспериментальной минералогии АН СССР,
 Черногоровка

В последние годы в ряде работ экспериментально установлен эффект уменьшения вязкости "сухих" / 1, 2, 4 и др. / и флюид содержащих магматических (алюмосиликатных) расплавов / 1, 2, 3 / с ростом давления. Известно, однако, что во всех теориях вязкости жидкостей, получен качественно единый вывод о зависимости вязкости жидкостей от давления - вязкость должна увеличиваться с ростом давления, что подтверждается экспериментальными данными для простых по составу жидкостей.

На основе теоретического анализа всей совокупности экспериментальных данных по барической зависимости магматических расплавов установлено следующее: 1. Отрицательная барическая аномалия вязкости алюмосиликатных (магматических) расплавов обусловлена изменением в изохимических условиях структуры расплава - увеличением степени его деполимеризации с ростом давления. 2. Наиболее вероятным механизмом этого эффекта является структурный переход алюминия из тетраэдрической в октаэдрическую координацию по кислороду. 3. В алюмосиликатных расплавах альбитового и жадеитового составов изменение структуры с ростом давления, т.е. переход кварц-подобной структуры (P=0, 1 МПа) в существенно пироксеновую (метасиликатную) структуру должен происходить скачком в очень узком

диапазоне давлений ($P = 3000 - 3500$ МПа, $T = 1500^{\circ}\text{C}$).

1. Лебедев Е.Б., Хитаров Н.И. Физические свойства магматических расплавов. М.: Наука, 1979, 200 с.
2. Персиков Э.С. Вязкость магматических расплавов. М.: Наука, 1984, 160 с.
3. Персиков Э.С., Эпельбаум М.Б. Влияние давления на вязкость водосодержащих магматических расплавов. - Докл. АН СССР, 1979, т. 245, № 5.
4. *Kushiro T., Yoder H.S., Jr., Mysen B.O. Viscosity of basalt and andesite melts at high pressures. J. Geophys. Res. N35, 1976.*

ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ УПРУГИХ ВОЛН ЭФ-
фузивных пород северо-восточной части
ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА

Попов А.А., Ильев А.Я., Сахкний ДВНЦ АН СССР,
Ожносахалинск

Кирееenkova С.М., ИФЗ АН СССР, Москва

В предлагаемом сообщении приводятся результаты исследования скорости продольных волн в эффузивных горных породах, поднятых в северо-восточной части Индийского океана во время экспедиции Сахкний ДВНЦ АН СССР на НИС "Пегас" (рейс 24) в 1983 году. Исследуемые горные породы были подняты на двух станциях: № 8 (глубина 3930 м) и № 17 (глубина 4195 м).

На станции № 8 были подняты тонкозернистые гиаобазальты, разной степени изменения, низкопористые ($K_{II} = 1 - 2\%$). Средняя скорость для всей группы базальтов изменяется от 4,5 до 4,65 км/с при давлении от атмосферного до 1,2 ГПа и характеризует среднюю скорость в пласте, что соответствует скоростям, полученным корреляционным методом преломленных волн для акустического фундамента в Кокосовой котловине.

На станции № 17 были подняты мелкозернистые пористые базальты. Поры округлые от 0,02 до 0,6 мм, коэффициент пористости $K_{II} = 10 - 15\%$. Средняя скорость для этой группы

базальтов изменяется от 3,8 до 4,5 км/с при давлениях от атмосферного до 1,2 ГПа, которые соответствуют скоростям, полученным КМПВ для акустического фундамента свода Восточно-Индийского хребта.

ИССЛЕДОВАНИЕ АНИЗОТРОПИИ ТЕНЗОРНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ ДО 600°C

Продайвода Г.Т., Молявко В.Г., Выхва С.А.,
Штрайхер В.И., КГУ, Киев

Проводились исследования акустических характеристик и линейного расширения в образцах керна глубоких скважин ДДВ в связи с прогнозом коллекторских свойств на большие глубины. Была использована методика кубоэктаэдра, разработанная в петрофизической лаборатории КГУ. Изучены скорости продольных и поперечных волн в песчаниках, алевролитах, аргиллитах и карбонатных породах ультразвуковым методом стробоскопического синфазного оптического наложения импульсов на частотах 400 - 700 кгц в сухих и водонасыщенных образцах. Линейное расширение определялось на установке ДКВ-4А на образцах в виде сечением 7 x 7 мм².

По результатам измерений определялись акустический (χ_{kl}) тензор и тензор линейного расширения (dij) в рабочей системе координат, а их значения в главной системе координат находились аналитически с использованием специальной программы на ЭВМ ЕС - 1020.

Коэффициенты акустической и термической анизотропии рассчитывались по формуле:

$$A = \frac{\langle \varphi^2 \rangle_c - \langle \varphi^2_m \rangle_c}{\langle \varphi^2 \rangle_c} \cdot 100\%$$

где φ_m - тензор, описывающий свойство изотропной среды, ближайшей к рассматриваемой анизотропной среде, φ - тензор исследуемой анизотропной горной породы, угловые скобки $\langle \rangle$ обозначают результат осреднения по всем направлениям,

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о

том, что акустическая и термическая анизотропия осадочных пород зависит от симметрии упорядоченности минерального скелета и трещинно-порового пространства. Среди осадочных пород наблюдаются разновидности с симметрией $mmm, \infty/mmm, \infty/mmm$. Коэффициент анизотропии увеличивается с понижением симметрии породы. Насыщение и температура приводят к изменению коэффициента анизотропии. В известняках и алевролитах наблюдались необратимые термоупругие деформации.

ЗАВИСИМОСТЬ УПРУГИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГЛУБИНЫХ ПОРОД ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ ОТ ИХ МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА

Сафаров И.Б., ИГ АН Азерб. ССР, Баку

Киреевкова С.М., Воларович М.П., ИФЗ АН СССР, Москва

В настоящей работе на основе полученных характеристик для скоростей продольных v_p и поперечных v_s волн, а также плотности ρ глубинных пород земной коры и верхней мантии Сибири и средней Азии при высоких давлениях (2,5 ГПа), определены динамические модули упругости: модуль Юнга E , модуль сдвига G , модуль объемного сжатия K , коэффициент Пуассона σ и сейсмический параметр ϕ , термодинамические параметры: температура Дебая Θ и параметр Грюнайзена γ . Установлена связь модулей упругости, коэффициента Пуассона, температуры Дебая и параметра Грюнайзена от минерального состава и структурных особенностей рассматриваемых горных пород. Значения упругих параметров приведены в таблице, из которой видно, что наибольшие величины их характерны для мантийных пород, вследствие более плотной упаковки атомов в решетках породообразующих минералов этих пород по сравнению с коровыми породами.

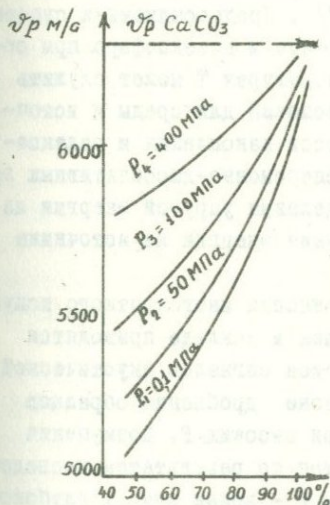
Порода	P ГПа	v_p км/с	v_s км/с	ρ г/см ³	σ	E ГПа	K ГПа	G ГПа	ϕ (км/с) ²	Θ_K °K	γ
Мант.	1,5	8,20	4,85	3,36	0,34	23,5	15,4	9,3	60,48	795	1,85
Кор.	1,5	6,50	3,85	2,72	0,27	10,5	10,3	4,1	60,27	524	1,48

Полученные данные для различных горных пород при повышенных давлениях позволяют с большей определенностью интерпретировать вещественный состав глубинных слоев земной коры и верхов мантии, выделяемых по сейсмическим данным.

СКОРОСТИ УПРУГИХ ВОЛН В НЕКОТОРЫХ КВАРЦ-КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Синянов И.З., МГИ, Москва

Комплексному изучению петрофизических свойств подвергались известняки и кварцевые известняки бассейна реки Заки - Дон (Сев.Осетия). По минералогическому составу это в основном двухкомпонентные осадочные породы юрского возраста, состоящие из кальцита (47 - 99 %), кварца (0 - 52 %) и рудных минералов (до 1 %).



В результате изучения упругих свойств кварц-карбонатных пород импульсным ультразвуковым методом, установлено, что в направлении, перпендикулярном слоистости, скорости их продольных волн (v_p) в атмосферных условиях (при давлении $P_1 = 0,1 \text{ МПа}$) и всестороннем сжатии ($P_2 = 50 \text{ МПа}$, $P_3 = 100 \text{ МПа}$, $P_4 = 400 \text{ МПа}$) изменяются в зависимости от минерального состава соответственно в пределах: 5060–6150, 5270 – 6220, 5480 – 6250, 5840 – 6290 м/с.

Как видно из рисунка, полученные скорости в диапазоне давлений до 400 МПа в указанном направлении в породе неуклонно растут, приближаясь к v_p основного его минерала-кальцита (6320 м/с).

Характер поведения кривых показывает, что при дальнейшем повышении давлений зависимость скоростей упругих волн в кварц - карбонатных породах от их минерального состава будет несколько изменяться.

ВОЗМОЖНОСТЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ СОЛИТОНО-ПОДОБНОГО МЕХАНИЗМА

Хамидуллин Я.Н., Башпединститут, Уфа

Учет нелинейных эффектов, сопровождающих процессы перераспределения тектонической энергии в недрах Земли, очень важен для объективного истолкования различных природных явлений. Одним из существенных эффектов, проявляющихся при распространении волн деформации в неоднородных средах, является возникновение и дальнейшее развитие возмущений типа уединенных волн /солитонов/ [1,2]. Предпосылками к существованию таких возмущений в литосфере и астеносфере при соответствующих давлениях P и температурах T может служить реальность выполнения основных условий для среды и источника: 1 - сосуществование процессов накопления и релаксации энергии, 2 - компенсация дисперсионно-диссипативных эффектов за счет многократного выделения упругой энергии из источника, 3 - каждый акт выделения энергии из источника является импульсным.

С целью подтверждения возможности многократного испускания упругой энергии из источника в докладе приводятся экспериментальные результаты записи сигналов акустической эмиссии в момент разрушения по зоне дробления образцов горных пород, полученных нами при высоких P . Возмущения солитонно-подобного типа приводятся по результатам исследования истинного движения почвы в P - волне для II глубоко-фокусных землетрясений района Фиджи-Тонго [3].

Солитонно-подобный механизм распространения сейсмической энергии можно использовать для создания физической модели, описывающей природу проявления сильных землетрясений, а также при решении проблемы передачи упругой энергии

на значительные расстояния от источника в недрах Земли.

1. Реббин К. Солитоны. - УФН, 1980, т.130, в.2, с.329-356.
2. Солитоны в действии. Сб., М.: Мир, 1981, 312 с.
3. Москвина А.Г. Изв. АН СССР. Физика Земли, № 7, 1984.
с. 38 - 54.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОПОЛЗНЕВОГО СКЛОНА
ПО ПЕТРОФИЗИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ

Авчян Г.М., ЕГУ, Ереван, Малхасян К.Т., НИИОССС
АЭС института АТЭП, г. Ереван, Микаелян Э.Л.,
ИГИС АН СССР, Лениннакан

Исследования велись на оползне "Джухтак-ванк". Изучалась закономерность распределения параметра сжимаемости скелета ($\beta_{ск}$) пород, который вычислялся из соотношения величин скоростей продольных и поперечных волн. Измерения скоростей упругих волн проводились непосредственно в поле, в условиях естественного залегания пород. В результате работ была составлена петрофизическая карта распределения $\beta_{ск}$. Анализ проведенных экспериментальных и теоретических исследований показал, что с помощью параметра $\beta_{ск}$ можно охарактеризовать напряженное состояние оползневого склона. На карте выделяются зоны с различными значениями $\beta_{ск}$. Участки, где $\beta_{ск}$ меньше $20 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{н}$ отличаются своей устойчивостью, стабильностью. Там, где $\beta_{ск} < 25 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{н}$, наблюдается медленное оползание склона, а зоны с повышенными значениями $\beta_{ск} > 25 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{н}$ характеризуются интенсивными подвижками.

Таким образом, с помощью изучения закономерностей изменения петрофизических параметров можно получить дополнительные и важные данные, а также охарактеризовать напряженное состояние оползневого тела. В дальнейшем при наличии данных геодезической съемки (наблюдения за реперами) можно провести более подробную количественную оценку напряженного состояния оползневого склона по петрофизическим параметрам.

ПАЛЕОТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОФИОЛИТОВ МАЛОГО КАВКАЗА

Аллахвердиев Ш.И., Балакишнев Ш.А., Махмудов С.А.,
Гасанов А.Б., Мамедов М.Н., ИГАН Азерб.ССР, Баку

Проблема офиолитов имеет существенное значение в современной геологии и необходимость решения ее очевидна, так как это позволит ответить на многие вопросы геологической науки, связанные с этапами эволюции земной коры и верхней мантии. Одной из главнейших сторон этой многогранной проблемы является выяснение механизма формирования офиолитов, который определяется в значительной мере термодинамическими условиями, существовавшими в геологическом прошлом. Выяснению этих предполагаемых условий и посвящена настоящая работа, результаты которой позволили оценить для офиолитов Малого Кавказа суммарное значение поля палеонапряжений и величины отдельных его составляющих, а также рассчитать температуру кристаллизации пород офиолитового комплекса.

Оценка значений составляющих поля палеонапряжений основывается на способности горных пород "запоминать" и длительное время сохранять в виде определенной кристаллической связности воздействовавшие на них в геологическом прошлом напряжения, а при искусственном внешнем нагружении — проявлять эту "запомненную" информацию в виде нелинейности процесса деформации, позволяющего оценивать поле палеонапряжений и отдельные его составляющие.

Температура кристаллизации пород офиолитового комплекса по сосуществующим минералам определялась с помощью геотермометров, разработанных А.А.Маракушевым ($Cpx-Orx$), Мейсеном-Бетчером ($C_{2sp}-Ol$) и Л.Л.Перчуком ($Pl-Cpx$, $Pl-Amf$).

В итоге данных исследований представляется возможным предположить, что формирование офиолитовой ассоциации Малого Кавказа происходило в условиях неоднородного геодинамического поля напряжений, составляющие которого в совокупности создавали давление $I, I - I, 2$ ГПа, причем горизонтальная составляющая превосходила вертикальную на $0,8 - 0,9$ ГПа. Температурные условия кристаллизации различных типов пород-членов офио-

литовой ассоциации отличаются и варьируют в пределах 650 - 1300°C.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДРЕВНИХ КОМПЛЕКСОВ И
ПРОБЛЕМА ИНТЕРПРЕТАЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ
ПОЛЕЙ НА УРАЛЕ

Алейников А.Л., Баранов Б.В., Беллавиц О.В.,
Вагмаль Д.С.

Институт геофизики УНЦ АН СССР, ПГО "Уралгеология",
трест Тюменьнефтегаз

Данные о физических свойствах древних толщ, обнажающихся в ядрах антиклинорных структур Урала и низов эвгеосинклинального комплекса палеозоя, необходимы для выяснения природы основания Уральской геосинклинальной области. Скорости распространения продольных волн (v_p) в условиях различных давлений определялись путем измерений и аналитически на основании данных о плотности упаковки атомов. Плотность горных пород определялась по образцам, отобранным из скважин, и в естественном залегании посредством корреляционного анализа вариаций аномалий силы тяжести в свободном воздухе и повысотных отметок пунктов наблюдений. Значение v_p в архейских и протерозойских кристаллических сланцах и гнейсах при давлении 2-4 кбар составляет 6,3 - 6,6 км/с. Аналогичными свойствами при таких давлениях характеризуются и эффузивно - осадочные толщи палеозоя. Плотность гнейсовых комплексов протерозоя в среднем равна 2,75 г/см³. Для кристаллических сланцев архея характерны более высокие значения: 2,80 - 2,83 г/см³, плотность эффузивно-осадочной толщи - 2,89 - 2,9 г/см³. Таким образом, архей протерозойские и палеозойские образования характеризуются различной акустической жесткостью, и граница между ними должна выделяться как отражающий горизонт. Древние метаморфические комплексы нередко обогащены графитом, что заметно повышает их электропроводность. Полученные результаты показывают, что выделяемый по данным ГСЗ в пределах Уральской геосинклинали на глубине ниже 5-10 км слой, характеризующийся скоростью 6,35 - 0,15 км/с и пониженным электрическим сопротивлением, по отмеченным выше физическим свойствам аналогичен

древним метаморфическим комплексам Урала. При решении вопроса о природе рассматриваемого слоя следует учесть, что тепловой поток на Урале понижен, а по расчетной теплогенерации состав земной коры соответствует основным магматическим породам. Вероятно, что из кристаллических пород основания эвгеосинклинали в процессе метаморфизма теплогенерирующие элементы были частично вынесены. Для дальнейшего уточнения петрологической модели земной коры Урала важное значение имеет изучение теплогенерирующих свойств горных пород и в первую очередь древних метаморфических комплексов.

ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ, СОСТАВ И НЕКОТОРЫЕ
ПРОЦЕССЫ В НЕДРАХ ЗЕМЛИ В СВЕТЕ ИССЛЕ-
ДОВАНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГОР-
НЫХ ПОРОД ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМ-
ПЕРАТУРАХ

Арутюнян А. В.¹, Ершн Ерван

Моделирование в лабораторных условиях строения земных глубин и исследование физико-механических свойств горных пород и минералов при высоких давлениях и температурах имеет важное значение для определения состава и структуры глубинных слоев земной коры и верхней мантии Земли, а также для познания некоторых процессов, протекающих в них. На основе исследований физико-механических свойств ультраосновных пород офиолитовых поясов Армении, предлагается модель глубинного строения и состава, а также схема образования указанных поясов. Сходство состава офиолитовых поясов и срединно-океанических хребтов послужило основанием для предположения о том, что механизм образования указанных структур является общим. На предлагаемых примерах интерпретируются ряд геологических и геофизических данных, касающихся как офиолитовых поясов, так и срединно-океанических хребтов.

ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГОРНЫХ ПОРОД
ПРИЛЕЖАЩИХ К МИСХАНСКОМУ ГЛУБИННОМУ
РАЗЛОМУ (АРМ. ССР)

Атоян Р.А., ЕрПИ, Ереван

Исследования проводились на образцах горных пород из Анкаванского района. В основе данных исследований лежит главным образом определение упруго-плотностных и электрических параметров пород, а также взаимосвязь между собой. По экспериментальным данным выявлены петрофизические характеристики горных пород из Анкаванского района как при нормальных, так и при высоких термодинамических условиях. Наши исследования показывают, что физические параметры горных пород в целом хорошо коррелируются с геолого-тектонической обстановкой района и дают реальные результаты о напряженном состоянии того или другого участка рассматриваемого региона. При высоких всесторонних давлениях до 1000 кг/см^2 интенсивность изменения ν_p и ρ от давления в идентичных группах у одинаковых по составу горных пород разная. При дальнейшем увеличении всестороннего давления происходит сравнение значений ν_p и ρ . Это явление показывает на наличии в образцах горных пород остаточных напряжений, которые в разных участках исследуемого района разные. Другим важным фактором является наличие анизотропии упругих и электрических свойств. Составлена схематическая карта распределения упругой анизотропии, выявлены зоны повышенных значений упругой анизотропии $A\%$, которые протягиваются в основном вдоль тектонических нарушений.

Таким образом, с помощью комплексного изучения петрофизических характеристик горных пород данного региона выявляется в некоторой степени напряженное состояние отдельных массивов относительно друг друга. Зная критическое напряжение скалывания между двумя бортами разлома, при систематическом определении напряжений с помощью режимных наблюдений за петрофизическими параметрами горных пород, можно проводить оперативный прогноз предстоящих землетрясений по региону.

О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ В ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ТАВРО-КАВКАЗСКОГО РЕГИОНА ПО ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Асланян А.Т., Караханян А.С., Микаелян А.О., ИГН АН Арм. ССР, Ереван, Акопян С.Ц., СКБ НКГСПС АН Арм.ССР, Ереван, Закарян К.А. ИГИС АН Арм.ССР, Ленинакан

В работе рассматриваются результаты изучения характера распределения глубинных скоростных неоднородностей по данным геофизики для территории Тавро-Кавказа. Методика получения функции распределения подробно описана в работе [1]. На основе полученного распределения по скоростям P и S -волн для всей территории построены карты неоднородностей по некоторым физическим параметрам среды: $\rho = \frac{K}{\mu}$ (где K - модуль объемного сжатия, ρ - плотность), $\eta = \frac{K}{\mu}$ (где - модуль сдвига) и коэффициент Пуассона μ . Изолинии, представленные на картах, характеризуют усредненные горизонтальные вариации по этим параметрам в двухсоткилометровом слое верхней мантии.

Согласно полученным данным, на картах выделяются три основные зоны:

1. Центральная низкоскоростная зона, протягивающаяся по направлению линии Пятигорск - Ереван и пересекающая складчатые сооружения Большого и Малого Кавказа. Она соответствует Транскавказскому поперечному поднятию.

2. Западная высокоскоростная зона, находящаяся в районе Черноморского побережья.

3. Восточная высокоскоростная зона, характеризующаяся значительными аномальными отклонениями в районе Каспийского моря.

Общий анализ полученных данных позволяет выделить отдельные участки нижней литосферы, характеризующейся интенсивным разуплотнением вещества, в результате чего под воздействием различных термодинамических факторов резко изменяются упругие модули.

1. Асланян А.Т., Закарян К.А., Акопян С.Ц., Караханян А.С., Микаелян А.О. Некоторые особенности глубинного строения

Тавро-Кавказского региона по данным сейсмологических исследований и дистанционного зондирования. - Изв. АН Арм. ССР, Науки о Земле, 1982, № 4.

ВАРИАЦИИ ПЛОТНОСТИ ОСАДОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ В ПРЕДЕЛАХ ДЕПРЕССИОННЫХ ЗОН АЗЕРБАЙДЖАНА

Балакишиев Ш.А., Гасанов А.Б., ИГАН Азерб.ССР, Баку

Повышенная мощность осадочного покрова в пределах депрессионных зон Азербайджана предопределяет сильное уплотнение осадочных пород в подошве слоя. Установлению возможной степени уплотнения при высоких давлениях пород, составляющих разрез исследуемых зон, посвящена настоящая работа. Эти данные необходимы для расчета гравитационного эффекта по различным моделям разрезов земной коры и верхней мантии вдоль геофизических профилей, пересекающих депрессионные зоны. В соответствии с этим был проведен ряд исследований отдельных групп осадочных пород в условиях высокого (до 0,5 ГПа) давления. Результаты некоторых из них приведены в таблице. Изучались величины плотности этих пород и устанавливалась степень их уплотнения при равномерном внешнем нагружении. Этими исследованиями удалось установить, что плотность изученных пород в интервале давлений 0-0,4 ГПа увеличивается в среднем на 3,6%. Такое значение уплотнения пород осадочного чехла в пределах депрессионных зон было использовано при решении прямой и обратной задачи гравиметрии в пределах Азербайджана и показало достаточно полное совпадение с наблюдаемой аномалией силы тяжести.

Таблица.

Наименование пород	Величины плотности (г/см ³) при дав. (ГПа)				
	0,0001	0,1	0,2	0,3	0,4
1	2	3	4	5	6
Известковистый мел-козернистый песчаник	2,169	2,185	2,219	2,245	2,267

I	2	3	4	5	6
Мелкозернистый песчаник	2,136 2,438	2,184 2,448	2,214 2,470	2,239 2,487	2,494
Порфирит хлоритизиров	2,III	2,122	2,169	2,206	2,230
Брекчиевидная глинисто-кремнистая порода	2,2II	2,212	2,242	2,264	2,276
Известняк алевроитовый	2,573	2,652	2,669	2,679	2,686
Порфирит	2,467	2,536	2,560	2,576	2,588
Витрокристаллокластический туф	2,38I		2,402	2,423	2,433
Глинисто-известковый песчаник	2,508	2,509	2,538	2,557	2,567

ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИПЕРБАЗИТОВ

Ваноян М.В., ГФМР ЛГИ, Ленинград

Автором было выполнено измерение комплекса физических свойств образцов гипербазитов из различных районов СССР /Армения, Урал и др./. Проведено микроскопическое изучение шлифов с определением состава и разновидности пород.

На основании петрографического состава и физических свойств пород составлена петрофизическая классификация гипербазитов с выделением 7 петрофизических групп. Характеристика I группы гипербазитов дает возможность иметь представление о глубинных слоях верхней мантии, представителями которой являются неизмененные гипербазиты. С изменением РТ-условий /понижение давления и температуры/ гипербазиты серпентинизируются, что отражается на всех физических свойствах пород.

Для первой группы пород были рассчитаны теоретические значения плотности и скорости продольных волн на основе петрографической классификации ультраосновных пород. По расчетным данным эти характеристики варьируют в пределах 3,25-3,50 г/см³ и 7,6-8,5 км/с. Выделяются группы оливинитов и дунитов. В перидотитах и пироксенитах различаются железистые и магнезиальные разновидности. Экспериментальными данными,

подтверждаются расчетные значения, но установлено крайне ограниченное распространение неизмененных гипербазитов в обнажениях и в скважинах.

Серпентинизированные породы по результатам измерений характеризуются пониженными значениями скоростей и плотностей и в зависимости от степени серпентинизации подразделяются на 6 групп. Другие физические характеристики γ_i , γ_n , λ , μ / меняются в зависимости от минерального и химического состава исходных пород, а также от степени и стадий процесса серпентинизации, которая указывает на различные РТ - условия протекания процесса.

ФИЗИКО - МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД И РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ АРМЯНСКОЙ ССР

Вартанян С.У. АРМНИПРОЦВЕТМЕТ, Ереван

Многолетними исследованиями изучены физико-механические свойства пород и руд Сомхето-Карабахской и складчатой зон Армянской ССР, в пределах которых развиты медно-колчеданные, медно-молибденовые и полиметаллические месторождения.

Разработана петрофизическая классификация пород верхней части земной коры, содержащая эндогенные оруденения.

Геологические образования медно-колчеданных рудных районов в Сомхето-Карабахской геотектонической зоне разделены на три структурно-петрофизических этажа: верхний (надрудные), средний (рудноносный), нижний (подрудный).

По петрохимическим особенностям породы трех этажей проявляют определенные черты сходства: натриевая щелочность, пересыщенность глиноземом, близкие значения известковистости и т.д., однако, по петрофизическим особенностям, характеру деформации, а также степени рудоносности они резко отличаются. Породы верхнеструктурно-петрофизического этажа (верхняя яра, верхняя яра - нижний мел) отличаются наиболее высокими показателями плотности ($2,70 - 2,73 \text{ г/м}^3$), прочности (1600 кг/м^3), упругости ($6,3 \cdot 10^{-5} \text{ кг/см}^2$), низкой пористости ($0,7 - 1,5 \%$). Средний струк-

турно - петрофизический этаж (средняя юра) характеризуется развитием метаморфизованных пород с резко пониженной плотностью ($2,44 - 2,58 \text{ г/см}^3$), упругостью ($2,52 \cdot 10^{-5} \text{ кг/см}^2$), прочностью (500 кг/см^2) и повышенной пористостью ($7,0 - 12,0\%$). Нижний этаж (низы средней юры) характеризуется эпидотизированными и уплотненными породами ($2,70 - 2,76 \text{ г/см}^3$), с повышенной упругостью ($5,5 \cdot 10^{-5} \text{ кг/см}^2$) и прочностью (1700 кг/см^2).

Взаимосвязь между метасоматическим преобразованием, петрофизическими особенностями, характером деформации, а также степенью рудоотложения установлена на медно-молибденовых, золоторудных районах, развитых в складчатой зоне Армянской ССР.

Пространственное распределение значений физико-механических свойств с прогнозом эндогенного оруденения отображено на специальных петрофизических картах и разрезах, построенных на основе разработанного единого петрофизического параметра.

РЕГИОНАЛЬНАЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ СТРУКТУР КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ И ОКЕАНИ- ЧЕСКОЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Дортман Н.Б., ВСЕГЕИ, Ленинград

Континентальная земная кора в пределах СССР петрофизически изучена многочисленными работами. По идентичности характеристики в ней выделяются петрофизические ассоциации пород, образованные в коровом и мантийном термодинамическом режимах, слагающие различные тектонические структуры (Н.Б. Дортман).

Физические свойства пород океанической коры изучены на образцах, поднятых драгами и глубоководным бурением "Гломар Челленжер". Полученные результаты дают представление о характеристике типичных структур Мирового океана (Е.Г. Мирлин, В.В. Орленок, Д.М. Печерский, Ле-Пишон и др.). Наблюдается близкая характеристика верхнекоровой петрофизической осадочной ассоциации мезо-кайнозой континентов и океанов, с неко-

торой специфичностью последних, и мантийных вулканогенных и плутонических ассоциаций.

Остановимся на двух примерах.

Для осадочной толщи Западно-Сибирской платформы характерен градиентный тип увеличения плотности ρ с глубиной от 1,7 до 2,2 г/см³ (под действием литостатического давления) и уменьшение ρ всей толщи от центральной части к периферии. Для осадков Атлантического океана установлен подобный тип разреза, с близкими значениями ρ на шельфе и ее уменьшением и глубоководной части, что обусловлено изменением соотношения литостатического и гидростатического давлений.

В Севано-Акеринском поясе Малого Кавказа плотность и намагниченность гипербазитов и габбро идентичны этим параметрам пород рифтовой зоны Срединно-Атлантического хребта. Лавы базальтов в обеих структурах имеют невысокую плотность 2,4 - 2,6 г/см³. Магнитные свойства базальтов Малого Кавказа изменяются от слабых до очень высоких значений, в зависимости от состава и содержания ферромагнитных минералов. Принципиально близок характер гравитационного и магнитного поля названных структур. Это дает основание предположить рифтовую природу Севано-Акеринского пояса и возможность объяснить магнитные аномалии океанов образованием различных формаций магматических пород.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ТИТАНОМАГНЕТИТОВ И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ПЕТРОГЕНЕЗИСА ЩЕ- ЛОЧНЫХ БАЗАЛЬТОИДОВ

А.Д.Исмаил-Заде, М.М.Саттаров, ИГАН Азерб.ССР, Баку

В щелочно-базальтоидном комплексе Талыша Малого Кавказа отмечаются два типа базальтоидов: ранне-среднеэоценовые трахибазальты, трахидолериты с низкотитанистыми (до 10-12%) титаномagnetитами, дифференцированные до трахиандезитов-базальтов, трахиандезитов и трахитов и позднеэоценовые субщелочные витробазальты, трахидолериты с высокотитанистыми (20-22%) титаномagnetитами. Экспериментальными исследованиями установлены P, T - условия кристаллизации титаномagnetитов:

$T \geq 1100^{\circ}\text{C}$, $P = 1 \pm 0,2$ ГПа для низкотитанистых и $T \leq 950^{\circ}\text{C}$, $P = 1 \pm 0,2$ ГПа высокотитанистых, а содержание ульвошпиннелевого компонента в них позволяет установить по диаграмме Линдсли летучесть кислорода, при которой происходила их кристаллизация, для первых $f_{\text{O}_2} = 10^{-2,5}$ до 10^{-5} Па, а для вторых $f_{\text{O}_2} = 10^{-6}$ - $10^{-8,5}$ Па.

Сравнением расчетных точек Кюри данных титаномагнетитов $T_c = 160^{\circ} - 250^{\circ}\text{C}$ и $T_c = 380^{\circ} - 430^{\circ}\text{C}$ и петрохимических параметров содержащих их пород с аналогичными параметрами других районов устанавливается соответствие первых породам островодужных систем, т.е. условиям преобладающих сжатий, а вторых - породам зон с преобладанием растягивающих усилий.

Комплекс магнитных и петрохимических параметров позволяет считать оба типа базальтов мантийными производными. Однако, тенденция к стабилизации тектонического режима, выраженная сменой сжимающих напряжений в ранне-среднем эоцене напряжениями растяжения в позднем способствовала в первом случае задержке расплава в промежуточном (возможно подкоровом) очаге с последующей дифференциацией и обогащением щелочами, а во втором - проникновению на поверхность менее дифференцированного расплава с меньшей щелочностью, близкой к исходному составу магм.

СООТНОШЕНИЕ МЕЖДУ ФИЗИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ И СОСТАВОМ ПОРОД НЕКОТОРЫХ АКТИВНЫХ ВУЛКАНОВ КАМЧАТКИ

Козырев А.И., Фарберов А.И., Киликян В.А.
Институт вулканологии ДВНЦ АН СССР, Петропавловск - Камчатский, Ю.В. Ванде-Кирков
- ЛГУ, Ленинград

Для пород активных вулканов Камчатки впервые проведены исследования комплекса физических свойств на статистически представительном материале. Измерения выполнены более чем на 800 образцах вулканитов Авачинского, Корякского и Ключевского вулканов, представленных андезитами, андезито-базальтами. При атмосферном давлении изучены плотность, пористость,

скорости продольных и поперечных волн, удельное электрическое сопротивление, магнитная восприимчивость и вектор остаточной намагниченности. Проведено количественное определение минералогического состава для выборок из 30-50 образцов по каждому вулкану. Для 40 наиболее представительных образцов Авачинского вулкана определен химический состав.

Полученная информация обработана на ЭВМ с помощью диалоговой системы "Вулканит". Получено представление о распределении физических свойств пород в пределах одного вулкана и выявлены различия в петрофизических характеристиках пород разных вулканов. Проанализированы корреляционные соотношения между содержаниями отдельных кристаллов и окислов и физическими характеристиками пород.

Установлены различия в соотношениях физических свойств и минерального состава сходных пород разного возраста и генезиса для каждого вулкана. Исследованы скорости упругих волн при высоких РТ параметрах в нескольких типах пород Авачинского вулкана, различающихся по генезису, возрасту и составу.

РЕГИОНАЛЬНОЕ ПЕТРОФИЗИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ АЗЕРБАЙДЖАНА

Каркошкин А.И., Хесин Б.Э., Исмаил-Заде Т.А.,
Гаджиев Т.Г., Алексеев В.В., ИЖВНИИ Геофизика,
Баку

Петрофизическое картирование, начатое работами коллектива ВСЕГЕИ под руководством Н.Б.Дортман, явилось новым эффективным средством решения самостоятельных задач, связанных с уточнением представлений о формационной принадлежности пород, их намагниченности, возрасте, метаморфизме, контроле рудоносности и нефтегазоносности. Ныне изданная петромагнитная карта Азербайджана масштаба 1:500 000 и находящаяся в издании аналогичная петроплотностная карта неизмеримо информативнее первых макетов этих карт 60-х годов.

При составлении карт и объяснительных записок к ним в обработку было вовлечено свыше 80 000 определений магнитной восприимчивости, из них 65 000 - в естественном залегании,

свыше 25 000 определений плотности, использованы также результаты опубликованных работ. Кроме данных специализированных площадных петрофизических исследований, измерений кер-на скважин и образцов, отобранных при геофизических съемках, широко использованы материалы качественной и количественной интерпретации магнитных и гравитационных аномалий. Это позволило получить представления об изменениях блоковой структуры от одного глубинного уровня к другому, выявить блоки с преимущественным развитием на глубине осадочных или изверженных пород, локализовать скрытые выступы магматических пород. Приведенные палеомагнитная шкала и схема изменения полярности геомагнитного поля в некотором приближении характеризуют интенсивность тектонической жизни изученных структур.

Зафиксированная изменчивость петрофизических характеристик геологических образований современного эрозионного среза отражает различные стадии развития земной коры и является индикатором термодинамических режимов. Можно в целом связать генезис пород высокой, дифференцированной, средней, низкой плотности и намагниченности региона с термодинамическими условиями соответственно мантии, перехода от мантии к коре, нижней и верхней коры.

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ГЛУБИННЫХ ПЕТРО- ФИЗИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Магид М.Ш., ВСЕГЕИ, Ленинград

Глубинные петрофизические разрезы составляются на основании региональных и скважинных петрофизических и геологогеофизических исследований, сейсмических разрезов, зависимости скорости упругих волн от P Т - параметров, связи плотности и скорости продольных волн. При построении разрезов особое значение имеет правильность выбора вида связи σ и v_p величин поправок за P Т - условия, возможность распространения данных поверхностных исследований на большие глубины и т.д. На большинство из этих вопросов позволяют ответить материалы изучения сверхглубоких и глубоких скважин. Проведенные исследования показали: 1. В осадочных породах отме-

чается в основном градиенто-дифференцированный, в кристаллических - дифференцированный характер изменения физических свойств с глубиной. Петрофизическая характеристика пород, развитых на поверхности и на больших глубинах, при одинаковом составе близка. Глубинные зоны пониженных скоростей, также как и поверхностные, связаны либо с изменением состава пород, либо с их повышенной дезинтеграцией. 2. Скорость предельных волн по ВСП (И.В. Литвиненко и др.) (Кольская сверхглубокая, 1984) для большей части разреза сравнительно хорошо сопоставляется со скоростью, измеренной в водонасыщенных образцах керна на глубинах до 5 км и вычисленной по плотности пород на больших глубинах с введением поправок за РТ-условия. При расчетах использовалась связь σ и v_p для водонасыщенных пород, поправка за влияние давления на v_p в водонасыщенных образцах (И.С. Томашевская, А.С. Толстых, М.Ш. Магид, 1970) и поправка за влияние температуры (0,5м/с/град.) (Н. Kern, A. Richter, 1981).

Полученные результаты позволяют при построении разрезов распространить геолого-петрофизические данные, изученные на поверхности с учетом поправок за РТ - условия на глубинах по крайней мере до 10-15 км, т.е. практически на большую часть гранитно-метаморфического слоя. В пределах всей земной коры оценка плотности и состава пород может быть получена по сейсмическим скоростям с учетом соответствующих РТ параметров и использованием других геолого-геофизических данных.

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ И ФИЗИЧЕСКИЕ СОСТОЯНИЕ ЗЕМНЫХ НЕДР

Монсеенко У.И., ВСЕГЕИ, Ленинград

Изменение температуры внутри земной коры неизбежно приводит к изменению физических свойств горных пород. Воссоздание в лабораторных установках термодинамических режимов земных недр реальнее приближает условия лабораторного эксперимента к природным при использовании данных о распределении глубинных температур. Во ВСЕГЕИ и построены карты температуры земной коры на глубинах 3,5, 10, 20, 30 км и на поверх-

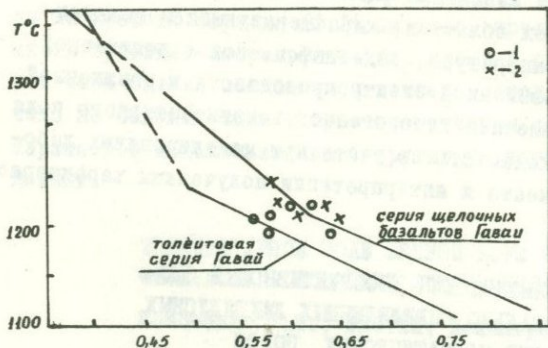
ности Мохо. Эти материалы показали резкую неоднородность распределения температуры в земной коре на всю ее мощность и наличие зон аномальных градиентов, как по латерали, так и по вертикали. Уже на глубине 5 км четко выделяется большая протяженность севера Азиатской и юга Европейской частей по сравнению с центральной частью территории страны. С возрастанием глубины увеличивается не только неоднородность теплового поля, но изменяются форма и ориентировка аномалий. Эти особенности хорошо выражены на глубинном срезе 30 км. Отмечается зона пониженных аномалий до 400°C на Украинском щите и на южном Урале. Фиксируются аномалии со значениями выше 1000°C в Ферганской, Чуйской, Иссык-Кульской и Байкальской впадинах, Восточном Забайкалье, Верхоянье, Яно-Колымской складчатой системе, Чукотско-Чаунском поднятии. В ряде регионов отмечаются условия благоприятные для внутрикорового плавления пород. В целом на территории СССР выделяются несколько охватывающих разновозрастные образования трансрегиональных тепловых аномалий: Карпато-Забайкальская, Восточно-Азиатская и Тимано-Западно-Сибирская. Особенности температурного поля коррелируются с характером изменения физических свойств минеральных образований. Во всех областях, характеризующихся повышенными значениями температуры, выделяются слои с пониженной скоростью, зоны повышенной электропроводности и пониженной плотности. Установленная гетерогенность температурного поля указывает на необходимость ее учета при моделировании лабораторного эксперимента и интерпретации полученных характеристик.

**ПЕТРОГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАТИВНОСТЬ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ОПРЕДЕЛЕННЫХ ЛИКВИДУСНЫХ
ТЕМПЕРАТУР МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД**

Саттаров М.М., ИГАН Азерб.ССР, Баку,
Генштафт Ю.С., Салтыковский А.Я., ИФЗ
АН СССР, Москва

Методом высокотемпературной микроскопии проведены прямые измерения ликвидусных температур при атмосферном давлении.

лении II образцов вулканических пород Дариганги (Монголия), относящихся по петрохимическим данным к толеитовой и щелочно-базальтовой сериям (т.е. содержащим нормативный кварц и нефелин). Результаты нанесены на диаграмму, использованную К.Тилли и др. (1965г.) для демонстрации корреляции между ликвидусными температурами и железистостью пород дифференцированных гавайских серий пород. Для монгольских базальтов характерен узкий интервал ликвидусных температур ($1200 \pm 10^\circ\text{C}$), вариации железистости незначительные. Соотношение этих параметров для изученных образцов близко к таковым для щелочно-базальтовой и толеитовой серий Гавай, хотя в отличие от последних, толеиты Дариганги оказываются более железистыми при данной температуре, чем щелочные разности. Диаграмма отчетливо указывает на недифференцированный характер (в представлениях фракционной кристаллизации) различных петрохимических типов магм Дариганги.



$$f = \frac{FeO + Fe_2O_3}{FeO + Fe_2O_3 + MgO}$$

I - щелочные базальты; 2 - толеиты

ПЕТРОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА

Тиремнов В.А., Геологический институт, Ке
АН СССР, Апатиты

По мнению академика М.А. Садовского основной задачей данного этапа развития наук о Земле является создание не формальных моделей земной коры, а моделей, отражающих определенную геологическую ситуацию и связанных с конкретным веществом. Поэтому особое внимание нами было уделено изучению связей вещественного состава пород с их физическими свойствами по линии геотраверса Баренцево море — Северная Карелия, пересекающему различные магматические и метаморфические комплексы пород. С учетом закономерностей изменения физических свойств пород от высоких термодинамических параметров и представлений о метаморфической зональности земной коры этой части Балтийского щита построена петрофизическая модель земной коры, обусловленная породами от зеленосланцевой до эклогитовой фаций метаморфизма.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЛУБИННЫХ ПРОЦЕССОВ И СОСТАВА ЗЕМНОЙ КОРЫ НЕОВУЛКАНИЧЕСКОЙ ЗОНЫ АРМЕНИИ

Исханян А.К., ЕРПИ, Ереван

Среди исследований в области глубинных процессов и конкретизации вещественного состава земной коры и верхней мантии Земли важную роль играет лабораторно-экспериментальное изучение продуктов вулканизма (вулканиты и ассоциирующие с ними глубинные включения), которые являются отторженцами глубинного вещества — ксенолитами и индикаторами распределения термодинамических параметров в недрах Земли.

Рассмотрение комплекса геофизических и петрологических данных исследования неовулканических зон Армении показало, что земная кора этих областей характеризуется слоисто-глыбовым неоднородным по вертикали и по латерали строением.

Вулканические породы известково - щелочной серии, переходящие по простираанию (с СЗ на ЮВ) и во времени ($N_2^3 - O_4$) к более щелочным разновидностям, содержат включения пород земной коры, относящиеся к габброидам, пироксенитам, амфиболитам и переходным между ними типам. Лабораторные исследования плотности, скорости упругих продольных волн образцов ксенолитов при высоких РТ - параметрах, а также изучение продуктов плавления характерных типов включений показали, что "базальтовый" слой представлен породами, образованными в ходе магматогенного преобразования первичного габбро-амфиболитового субстрата. Рассматривается схема вещественной эволюции земной коры: массовое внедрение в нижние горизонты земной коры базальтовой магмы (габбро) → амфиболизация габброидов → привнос флюидами тепла и калия (биотитизация габбро-амфиболитов) → палингенез (выплавление андезито-базальтовых-дацитовых-до риолитовых - магм).

На основе полученных лабораторных и имеющихся геолого-геофизических данных разработана геодинамическая модель развития исследуемого региона в верхнеплиоцен-четвертичное время, свидетельствующая об одновременном активном состоянии верхней мантии и земной коры неовулканической зоны Армении.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД КОЛЛЕКТОРОВ

ПРИРОДА ПОНИЖЕНИЯ v_p, v_s ФЕЛЬЗИТОВЫХ ТУФОВ ПРИ ИХ НАСЫЩЕНИИ

Авчян Г.М., Татевосян Л.К., Арутюнян Р.А.,
Манукян А.В., Маркосян Г.В., ЕГУ, Ереван, ИГН
АН Арм. ССР, Ереван

Определение типа порозаполнителя горных пород геофизическими методами необходимо при решении таких важнейших геологических задач, как выделение коллекторов полезных флюидов (вода, нефть, газ), определение глубины залегания уровня грунтовых вод, исследование процессов в зоне очага землетрясения, прогноз землетрясения и т.д.

В качестве критерия оценки типа порозаполнителя широко используются упругие параметры среды, в частности, величины скорости продольных v_p , поперечных v_s волн и их отношение v_p / v_s .

Экспериментальные исследования влияния жидкости на скорость v_p для осадочных и магматических пород показали, что во всех случаях насыщения пород жидкостью, не вызывающей потери связанности скелета породы, скорость v_p увеличивается от 5-10% до 100-200%, а v_s уменьшается незначительно. Понижение v_p , наблюдалось только для глин и глинистых пород, которые, набухая в водной среде, теряют связанность скелета.

При изучении влияния водонасыщения на упругие свойства туфов и фельзитов (третичные туфы) Армении, был обнаружен эффект, противоположный вышеописанному: водонасыщение приводит к понижению не только скорости поперечных v_s волн, но и скорости продольных волн. Было установлено, что сжимаемость гранулярных пор не зависит от насыщения, а уменьшение v_p с насыщением обусловлено увеличением плотности пород. Ввиду того, что трещины в фельзитах не имеют гидравлической связи или их раскрытость незначительна, то при насыщении породы часть трещин остаются ненасыщенными. Следовательно, сжимаемость трещин остается практически без изменения. В этом случае повышение скорости v_p , обусловленное уменьшением сжи-

маемости скелета, не происходит и основным фактором влияющим на v_p остается плотность горной породы. Рассмотренный механизм изменения v_p и v_s от насыщения в ряде случаев коррелируется с механизмом этих параметров от давления и температуры.

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МЕТОДОМ ЯМР

Алексеев А.Д., Мелюс А.Н., Сереброва Н.Н.,
Ульянова Е.В., Чепкин В.Н., Донецкий физико-технический институт АН УССР, Донецк

Для подсчета запасов нефти, проектирования разработки месторождений и проведения исследований по повышению нефтеотдачи большое значение имеет изучение свойств и закономерностей распределения остаточной воды в пласте, сорбционных и коллекторских свойств пород. Методом ЯМР изучались сорбционные взаимодействия протонов воды и нефти с поверхностью пород-коллекторов, взятых с глубин 4000 м. Подтверждено существование аномалии термодинамических свойств сорбированных флюидов: понижение температуры фазового перехода.

Так, молекулы воды в глине сохраняют вращательную подвижность вплоть до 248 К. При 198 К затормаживается трансляционное движение. Понижается потенциальный барьер заторможенного вращения молекул (в аргиллите он равен 7,4 ккал/моль). Нефть в глине сохраняет подвижность до более низких температур, чем в аргиллите, причем потенциальный барьер заторможенного вращения ее молекул в глине составляет всего 5,5 ккал/моль. Переход в твердую фазу водонефтяной смеси в аргиллите происходит более резко и при более низкой температуре, чем в глине.

Ширина линии спектра ЯМР протонов воды, сорбированной в глине, при комнатной температуре больше, чем в других минералах. Повидимому, это объясняется особенностями кристаллохимии поверхности этих минералов, различной природой адсорбционных центров.

Ширина линии спектра ЯМР от протонов сорбированной нефти с увеличением ее количества меняется слабо, в то время

как ширина спектра ЯМР от протонов H_2O сужается с увеличением влажности.

НЕОДНОРОДНОСТЬ ЛИТОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ НЕФТИ И ГАЗА

Багринцева К.И., Белозерова Г.Е., ВНИГНИ, Москва

Карбонатные породы, как основной объект для поисков нефти и газа, подвергаются разнообразным исследованиям. Широкий диапазон изменения ряда физических свойств: плотности, пористости, проницаемости, трещиноватости, скорости распространения упругих волн зависит от вещественного состава, геометрии пустот, свойств жидких и газообразных флюидов, заполняющих их. Изучение карбонатных пород комплексом новых методов дает возможность установить значительную изменчивость параметров в пространстве.

Мощные карбонатные толщи, вскрытые на месторождениях Карачаганак, Жанажол и др. характеризуются развитием пород, обладающих различными прочностными, фильтрационно-емкостными и упругими свойствами. Выявлено существенное отличие в величине скорости распространения упругих волн в породах одинакового состава, но с различным типом пустотного пространства. Экспериментальные исследования пористо-трещиноватых пород под давлением установили неодинаковую направленность их изменения.

В природных карбонатных резервуарах не наблюдается прямой зависимости снижения пористости и проницаемости с глубиной, так как фактор гравитационного уплотнения не играет решающей роли. Трещиноватость и последующее растворение стенок трещин подземными водами способствуют появлению на глубине новых видов пустот: трещин и каверн. Установлено, что имеющиеся в карбонатных породах примеси глинистого, кремнистого и сульфатного состава изменяют физические свойства пластов, замедляют процессы перекристаллизации, выщелачивания, а на более поздних этапах литогенеза придают породам хрупкость, что проявляется в интенсивности и характере трещиноватости.

Современные исследования показывают, что внутри резервуаров создаются пласты, резко отличающиеся друг от друга по фильтрационным, емкостным параметрам, скорости и характеру распространения ультразвуковых волн. т.е. наблюдается сочетание пластов коллекторов и местных флюидоупоров.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ В АНОМАЛЬНЫХ ТЕРМОБАРИ- ЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Буряковский Л.А., Джеванир Р.Д., ИПГНГМ,
АН Азерб. ССР, Баку

Экспериментальными исследованиями плиоценовых глин Бакинского архипелага установлено, что постоянство содержания монтмориллонита до глубины 6200 м связано с преобладанием процесса образования вторичного монтмориллонита из гидрослюд над процессом разрушения первичного монтмориллонита.

Под влиянием возрастающей с глубиной температуры развивается процесс дегидратации монтмориллонита с переходом его в гидрослюд. С другой стороны, аномально высокое поровое давление /любого генезиса/ препятствует процессу дегидратации монтмориллонита и способствует развитию дегидратации гидрослюд с образованием вторичного монтмориллонита. Дегидратация гидрослюд, как экзотермический процесс, сопровождается выделением тепла, что может повлиять на характер теплового поля осадочного разреза. Такие явления взаимовлияния трансформации глинистых минералов с термобарическими условиями недр наиболее характерны для молодых областей быстрого накопления мощных толщ терригенных, в основном глинистых, пород.

Полученные экспериментальные материалы с учетом данных Н.И.Хитарова и В.А.Пугина позволили предложить формулу для оценки предельной глубины возможного распространения монтмориллонита при отличии реального порового давления в глинах от условного гидростатического. В осадочном разрезе Каспийской впадины расчетные значения предельных глубин распространения монтмориллонита с учетом прогнозных значений

термобарических параметров составляют 15-17 км.

Поэтому экранирующие свойства глинистых покрышек на глубинах более 6,5 км будут сохраняться, что в сочетании с хорошими фильтрационно-емкостными свойствами пород-коллекторов, аномально высокими поровыми давлениями, относительно невысокими температурами, при которых вполне возможно сохранение углеводородов, позволяет уверенно прогнозировать вероятность обнаружения в Южно-Каспийской впадине промышленных скоплений нефти и газа на глубинах 9 км и более.

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ЗАВИСИМОСТЬ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГОРНЫХ ПО- РОД ОТ ДАВЛЕНИЯ, ТЕМПЕРАТУРЫ И СОСТАВА ЦЕМЕНТА

Буряковский Л.А., Джафаров И.С., ИПНГМ АН
Азерб.ССР, Баку

Многочисленные экспериментальные исследования показывают, что (ρ_n) горных пород существенно зависит от термобарических условий их залегания. Конкретные связи УЭС с давлением и температурой зависят от литолого-минералогического состава, структуры порового пространства, содержания и свойств природных флюидов, насыщающих данную породу. С целью исключения влияния литолого-структурных и гидрогеохимических факторов следует рассматривать величину ρ_n / ρ_0 , представляющую собой отношение УЭС породы, находящейся под термобарических факторов, к УЭС той же породы, замеренному в атмосферных условиях.

Обобщение результатов многочисленных экспериментальных исследований и математического эксперимента по моделированию УЭС позволило получить обобщенное уравнение зависимости УЭС от $P_{эф}$ и T с учетом состава цемента:

$$\begin{aligned} \rho_n / \rho_0 = & 1,377 + 0,02192 P_{эф} - 0,02343 T - 0,0311 C - \\ & - 0,000044 I P_{эф} + 0,003009 I T - 0,00317 I P_{эф} C - \\ & - 0,0001126 P_{эф}^2 + 0,0000816 I^2 - 0,033 C^2, \end{aligned}$$

где $P_{эф}$ - эффективное давление в МПа,
 T - температура в $^{\circ}C$,

С - тип цемента, задается в рангах.

Установлено примерно равное влияние эффективного давления и температуры на УЭС влагонасыщенных пород, что является принципиальным выводом, который следует принимать во внимание как при проведении экспериментальных исследований на образцах пород, так и при интерпретации данных разведочной и промысловой геофизики на больших глубинах, в зонах повышенных геотермобарических условий.

ВЛИЯНИЕ ДВУХОСНОГО СЖАТИЯ НА СКОРОСТИ УПРУГИХ ВОЛН И ДИНАМИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ ПУАССОНА ПОРОД - КОЛЛЕКТОРОВ

Дорогиницкая Л.М., Щербаненко А.Н., СМОГЭ,
Новосибирск

Главные нормальные напряжения в элементарном объеме пласта-коллектора, обусловленные горным давлением, зависят от веса вышележащих пород, геологических условий залегания (характера складчатости, формы пласта в слоистом разрезе, различия упругих модулей элементов разреза и др.) и тектонических напряжений. В общем случае они не равны по всем трем главным осям, а двухосное сжатие является упрощенным вариантом напряженного состояния пород на глубине.

В предположении упругих слоев бесконечной протяженности соотношение вертикальной и горизонтальной геостатической нагрузки определяется статическим коэффициентом Пуассона пород ν и $P_{бок} = \nu / (1 - \nu) P_{верт}$ (Динник А.Н., 1925). Эффективное боковое давление равно

$$P_{\deltaок}^{эф} = P_{\deltaок} - n P_{пл} = \nu / (1 - \nu) P_{верт} - n P_{пл},$$
а при значениях $\nu = n P_{пл} / (P_{верт} + n P_{пл})$ породы находятся при одноосном сжатии. Расчеты показывают, что для $\eta = 1 + 0,85$ на глубинах 2500 - 3000 м это соответствует реальным $\nu = 0,31 + 0,27$.

Измерения кинематических характеристик терригенных пород - коллекторов при различных соотношениях осевого и бокового давления показали, что в сравнении со значениями для всестороннего сжатия скорости продольных и поперечных волн

уменьшаются, при этом вторые более значительно. Это приводит к увеличению коэффициента Пуассона на 10+20 % в зависимости от литологического типа пород.

Данные изменения коэффициента Пуассона сравнимы по величине с изменениями при смене пластовой воды на нефть в порах коллекторов. Таким образом, при использовании коэффициента Пуассона как показателя углеводородосодержания пластов, следует учитывать влияние соотношения вертикальной и горизонтальной нагрузки на скелет породы в своде и крыльевой зоне пластов.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ КОЛЛЕКТО- РОВ ТИМЕНСКОЙ СВИТЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Добрынин В.М., Куликов Б.Н., Черноглазов В.Н.,
МИНХ и ГП, Москва

Изучение влияния пластовых условий на свойства коллекторов имеет особую значимость для новых нефтяных месторождений. Было проведено изучение влияния эффективного напряжения и температуры, при постоянном внутривязном давлении 10 МПа, на сжимаемость, пористость, проницаемость и удельное электрическое сопротивление образцов пород тименской свиты Западной Сибири. Кроме этого, при пластовых условиях на этих же образцах изучалась фазовая проницаемость для моделей нефти и воды.

Особенностью изучаемых отложений является их сильная неоднородность по литологическому составу, коллекторским свойствам, типу пористости. Мощная нефтеносная толща представлена тонким переслаиванием пород различного состава. Остро стоит проблема определения кондиционных значений параметров.

Проведенные исследования показали, что под действием эффективного напряжения изучаемые породы существенно ухудшают коллекторские свойства: пористость образцов уменьшается в среднем на 1%, проницаемость уменьшается в среднем на 30%. Кроме того, сопоставление значений проницаемостей измеренных по газу и по модели пластовой воды показало, что последняя

в среднем на порядок меньше.

Измерение фазовых проницаемостей позволило наметить верхнюю границу водонасыщенности, соответствующую продуктивному коллектору.

ИЗУЧЕНИЕ ДИФфуЗИОННО-АДСОРБЦИОННОЙ И ФИЛЬТРАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ

Добрынин В.М., Кеммерих О.А., Петров Л.П.
МИНХ и ГП, Москва

В лаборатории высоких давлений кафедры геофизических исследований скважин МИНХ и ГП пущена в работу установка, разработанная в СКБ института нефтехимического синтеза АН СССР совместно с сотрудниками лаборатории. На установке проведены экспериментальные исследования по изучению влияния давления и температуры на диффузионно-адсорбционную активность горных пород. Исследования проводятся в условиях всестороннего обжатия образца давлением до 50 МПа, давления внутрипоровой жидкости до 1,5 МПа и температуры до 200°C.

Установка включает в себя гидравлическую и измерительную системы, все элементы последней выполнены из специальных материалов, не дающих окислительно-восстановительных реакций при соприкосновении с солеными растворами. Экспериментальные исследования подтверждают теоретические выводы о характере изменения $A_{\text{да}}$ под действием давления: диффузионно-адсорбционная активность возрастает с увеличением содержания глинистого материала осадочных пород. Диффузионная ЭДС возрастает пропорционально абсолютной температуре среды.

ПЕТРОФИЗИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГЛИН СА- ЛЫМСКОГО НЕФТЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ В УСЛО- ВИЯХ ДАВЛЕНИЯ И СДВИГА

Зубковская Е.И., Сабурова Л.Е.,
ИГиРГИ МНП СССР и АН СССР, Москва

Рассматриваются результаты испытаний кремнистых плотных

и листоватых битуминозных пород, залегающих на глубинах около 3 км, в условиях давления по 20 кб и сдвига от 100 до 400°. Такие условия в природе могут возникать в погруженных анизотропных породах в локальных участках концентрации скалывающих напряжений, развивающихся почти мгновенно в результате ориентированных тектонических движений. Эксперименты осуществлены В.А. Жориним в ИФХ АН СССР.

С помощью дифрактометрического анализа установлено, что напряжение скалывающего сдвига вызывает микроструктурные преобразования в глинистых минералах и дополнительные петрофизические изменения пород, уже преобразованных в катагенезе.

Показан механизм разрушения глинистых минералов в условиях стресса. Давление расшатывает кристаллическую решетку, а сдвиг механически деформирует и разориентирует ее. Переориентации отдельных областей кристаллов с поворотом решетки на различные углы сопутствует аморфизация вещества. Аморфизация состоит в развитии сложного скольжения элементарных блоков кристаллов, приводящем к возникновению структуры типа "беспорядок".

В итоге пластические сдвиговые деформации элементарных блоков кристаллов приводят к разрушению глинистых минералов, часто через распад на отдельные фрагменты решетки.

Монтмориллонит разрушается первым и сразу. Остаются следы гидрослюда и хлорита. Аморфизации и структурной перестройке глинистых минералов сопутствует процесс восстановления кварца. Отчетливо проявляется также кристобаллит $\alpha = 4,0^\circ \text{А}$. Глинистые породы в стрессовых условиях расслаиваются и дробятся, что в условиях залегания создает благоприятную возможность для циркуляции флюидов. Таким образом результаты экспериментов могут быть полезны при рассмотрении вопросов аккумуляции нефти в кремнистых породах баженовской свиты.

ВЫЯВЛЕНИЕ ЗОН РАВНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛАСТА И СВОЙСТВ ПОРОД НА БОЛЬШИЕ ГЛУБИНЫ

Иманов А.А., ИПГНГМ АН Азерб.ССР, Баку

На основе большого количества керновых материалов, ото-

браних из месторождений Бакинского архипелага, установлены закономерности изменения параметров пласта и свойств пород в залежах с большой вскрытой толщиной.

Виявлены структурные зоны с равными градиентами пластовых давлений и эффективных напряжений, петрофизическими и механическими свойствами пород.

Показана возможность использования систем последовательно размещенных нефтегазоносных структур в нефтегеологических исследованиях и разведочном бурении для оценки параметров пласта и свойств пород по всей глубине залежи на ранней стадии разведки, позволяющие рекомендовать применение установленных геолого-технологических параметров неглубокозалегающих структур на новые малоизученные и более глубокозалегающие структуры.

Экспериментально установлены закономерности изменения поправочных коэффициентов, учитывающих влияние термодинамических факторов на физико-механические свойства пород. На основе выявленных закономерностей разработан новый способ прогнозирования параметров пласта и свойств пород на большие глубины (10 - 12 км) по наименьшему количеству кернa с учетом термодинамических факторов /1/.

И. А.А. Иманов. Методическое руководство по определению и прогнозированию физико-механических свойств пород и показателей бурения в нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождениях. Изд-во "Элм", Баку, 1984.

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И СКИМАЕМОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ СЛОЖНОМ НАПРЯЖЕННОМ СОСТОЯНИИ

Карманский А.Т., ВНИИ, Ленинград

Брель Г.Н., ИГ и РГИ, МНП СССР и АН СССР, Москва

Испытывались карбонатные породы различных структурно-генетических типов (Тенгизское месторождение) в условиях гидростатического сжатия ($\sigma_2 = 100$ МПа), неравномерного всестороннего сжатия и пластовых давлений $P = 80$ МПа.

Установлено, что с ростом осевого напряжения происходит разуплотнение пород, которое сопровождается увеличением газопроницаемости. Эффект разуплотнения связан с новообразованием трещин и раскрытием ранее имевшихся в породе дефектов структуры, что приводит к увеличению объема до 13,8 %.

Проведенное микроструктурное исследование показывает, что высокие поровые давления вносят дополнительные нарушения в структуру пород. При высоких поровых давлениях коэффициент сжимаемости пор значительно выше, чем при всестороннем сжатии без дополнительного порового давления.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЗАЛЕГАНИЯ
НА КОЛЛЕКТОРЫ НЕФТИ И ГАЗА В ДЕПРЕССИОННЫХ
ОБЛАСТЯХ АЛЬПИЙСКОГО ЮГА СССР

Керимов К.М., Салехли Т.М., ЮВНИИГЕОФИЗИКА,
Баку

Общеизвестно, что с глубиной происходит довольно заметное ухудшение коллекторских свойств песчано-алевритовых пород, и на определенных термобарических уровнях они полностью теряют свои фильтрационно-емкостные свойства. Процесс этот, обусловленный планомерным возрастанием в разрезе температуры и давления и их воздействием на породу, протекает не везде одинаково даже на одних и тех же гипсометрических уровнях.

Причиной этого можно считать разные геолого-тектонические условия, при которых происходит накопление осадочных материалов в морском бассейне, их преобразование в породы и последующие катагенетические изменения, происходящие в них.

На примере основных депрессионных областей альпийского складчатого пояса южных регионов СССР рассматриваются коллекторские свойства песчано-глинистых пластов третичной и четвертичной систем и закономерности их изменения при высоких термобарических условиях.

Характер изменения эффективной пористости и проницаемости пород молодых депрессионных зон в условиях высоких температур и давлений меняется не только в зависимости от

минералого-фациального состава слагающих разрез пород, но и от типов флюида, насыщающего как пласт-коллектор, так и поровое пространство глинистых толщ в разрезе.

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПОРОВЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В УСЛОВИЯХ НЕРАВНОМЕР-
НОГО СЖАТИЯ ПО ДАННЫМ ОБ ИХ УПРУГИХ ПОСТО-
ЯННЫХ И СТРУКТУРНОМ КОЭФФИЦИЕНТЕ

Кречетова Т.Н., ВНИИОкеангеология, Ленинград

Рассмотрение новой структурной модели деформируемой пористой среды /1/ позволили установить аналитические выражения, описывающие обратимые изменения проницаемости, удельного электрического сопротивления (параметра пористости), пористости, сжимаемости пор и диффузионно-адсорбционной активности коллекторов нефти и газа порового типа в зависимости от вида и величины всесторонней нагрузки. В эти выражения входят четыре константы, характеризующие породу: коэффициент Пуассона, две упругие постоянные, определяющие переменный модуль Юнга и структурный коэффициент.

Сопоставление теоретических данных с экспериментальными показало хорошую их сходимость. Для этой цели были привлечены результаты комплексных экспериментальных исследований [3] образца песчаников и алевролитов разного литолого-петрографического состава из различных нефтегазодобывающих районов СССР, полученные в ряде лабораторий страны.

Установлены корреляционные зависимости упругих постоянных и структурного коэффициента от литолого-петрографических и структурных особенностей пород-коллекторов. Разработан метод определения этих постоянных по данным изучения сжимаемости пор на керне породы не менее, чем при трех ступенях эффективного давления.

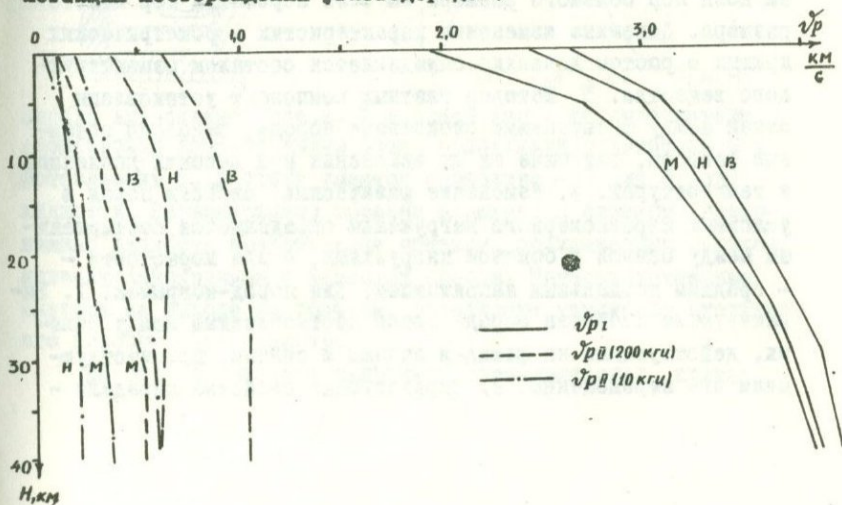
Полученные аналитические выражения могут быть использованы как для оценки и исследования физических свойств образцов нефтегазовых коллекторов при различных видах нагружения, так и для анализа физических полей в деформируемых массивах горных пород при решении задач в упругой постановке.

Г. Кречетова Т.Н., Ромм Е.С. О связи главных компонентов тензоров напряжения и проницаемости пористых сред. - Механика жидкости и газа, 1984, № 1, с. 173 - 177.

СКОРОСТИ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН ВТОРОГО РОДА В ГЛУБОКО-ЗАЛЕГАЮЩИХ КОЛЛЕКТОРАХ

Ляховицкий Ф. М., МГУ, Москва

Экспериментальное доказательство существования продольных волн P_{II}^{TO} рода, P_{II} , полученное Плона (1980) при ультразвуковых исследованиях искусственных песчаников, вызвало значительный интерес к этим волнам, как возможному источнику дополнительной информации о свойствах и состоянии пород. В связи с этим в МГУ были проведены теоретические расчеты скоростей волн P_{II} в модели кварцевого песчаника-коллектора (пористость 0,16, проницаемость 80 мд) для глубин до 4,0 км, когда эффективное давление достигает 50 мн/м², а температура 150°С. Рассмотрены три случая порозаполнителя: водой (в), нефтью (н), метаном (м) (рис.1.). При прочих равных условиях для скорости $v_{P_{II}}$ всегда выполняется соотношение: $v_{P_{II}}^B > v_{P_{II}}^H > v_{P_{II}}^M$. В отличие от v_{P_I} скорость $v_{P_{II}}$ растет с увеличением пористости. С увеличением глубины различие скоростей $v_{P_{II}}$ и $v_{P_{II}}^H$ растет. Указанные особенности могут найти применение при акустических исследованиях глубокозалегающих месторождений углеводородов.



ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОСАДОЧНЫХ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ПОРОД ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ

Марморштейн Л.М., ВНИИокеангеология, Ленинград

Под осадочной нефтенасыщенной породой подразумевается нефтенасыщенный пласт - коллектор и пласт-покрышка. Для оценки подсчетных параметров, экранирующих свойств, интенсификации притоков на специально разработанных установках изучаются изменения физических свойств породы (пористости, проницаемости, давления прорыва, структуры порового пространства, электрических, акустических, деформационных) на керне в условиях, близких к пластовым (пласт, приквацинная область). Первоначально оценивается представительность керна по изучению изменения физических свойств до и после приложения нагрузки с учетом времени "отдыха" породы. В результате проведенных экспериментальных работ были выявлены основные закономерности изменения физических свойств при высоких давлениях и температурах. Для пород-коллекторов: 1. Интенсивность уменьшения пористости, проницаемости, электропроводности и возрастания акустических, деформационных свойств под нагрузкой определяется, главным образом, содержанием наиболее сжимаемого материала породы. 2. Изменение структуры порового пространства породы с ростом давления сопровождается увеличением доли пор большого размера за счет пережатия пор малого размера. Динамика изменения характеристик порометрических кривых с ростом давления определяется составом цементирующего вещества. 3. Методом главных компонент установлены связи между физическими свойствами породы, выделены основные факторы, влияющие на их изменения при высоких давлениях и температурах. 4. Изменение физических свойств пород в условиях неравномерного нагружения определяется соотношением между осевой и боковой нагрузками, а для пористости - средним нормальным напряжением. Для пород-покрышек: 1. Экранирующие свойства определяются соотношениями между силами, действующими на флюид в залежи и силами, препятствующими его перемещению. 2. Экранирующие свойства определя-

ются петрофизическими особенностями пород. Выявленные закономерности позволили разработать методы интенсификации притоков флюидов, уточнить подсчетные параметры, количественно оценить экранирующие свойства пород.

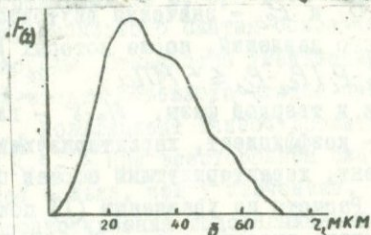
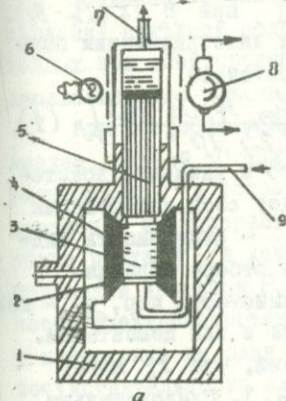
ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Марморштейн Л.М., Юргенсон В.А.

ВНИИОкеангеология, Ленинград

Предлагается метод, позволяющий изучать эквивалентную по гидродинамическим свойствам структуру порового пространства пород-коллекторов при высоких давлениях /1/.

Устройство для реализации метода показано на рис. а. Оно содержит корпус 1, по оси которого расположен канал для подвода вытесняющей среды - 9. Образец, заключенный в резиновой манжете 3, помещается в камеру 4. К торцам образца примыкает перфорированная пластинка 2. Канал 5 служит для



отвода вытесняемой среды. В верхней части кернодержателя смонтирован измерительный блок, содержащий осветитель 6 и фотоземель 8. В блоке имеется отверстие - 7 для отвода жидкости. Первоначально образец насыщается октаном. Вытесняющая жидкость представлена октаном, подкрашенным суданом, не взаимодействующим с цементом породы. Измеряя изменение окраски на выходе из образца, определяют изменение структуры его порового пространства.

На рис. б показана типичная порометрическая кривая,

отснятая при условиях, приближающихся к пластовым.

И. А. с. 721709 (СССР) Устройство для исследования структуры пористых материалов / Л.М.Марморштейн, В.А.Юргенсон. - Оpubл. в Б.И., 1980, № 10.

ОЦЕНКА ВНУТРИПОРОВОГО ДАВЛЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩЕГО ВСЛЕДСТВИЕ УПРУГОГО СЖАТИЯ В ПОРОДАХ ОЧАГА НЕГЛУБОКОФОКУСНОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

Малхасян К.Т., НИИОССС АЭС института АТЭП,
Ереван

В работе [1] была проведена оценка внутрипорового давления (P_i) в случае, когда сжимаемость пор (β_n) является функцией от внешнего всестороннего давления (P_e). Автор проанализировал исходное уравнение [1] при $\beta_n = f(P_e - P_i)$. После соответствующих преобразований и интегрирования было получено следующее трансцендентное выражение:

$$P_e = P_i - 90 \cdot 10^6 (P_e - P_i) \exp \left[\frac{H_0 \delta (1 - \beta) (\beta_{жс} - \beta_T) (P_i - P_{i0})}{\alpha \cdot 48,75 \cdot 10^{-3}} \right], \quad (1)$$

где P_{i0} и P_{e0} - значения внутрипорового и внешнего всестороннего давлений, после которых β_n ведет себя как функция от $P_e - P_i$ ($P_{e0} - P_{i0} \leq 5 \text{ МПа}$); $\beta_{жс}$; β_T - сжимаемость жидкости и твердой фазы, $H_0 \delta$ - глубина отбора образца, η - коэффициент, характеризующий глинистость пор, α - коэффициент, характеризующий состав цемента и тип цементации.

Расчеты по уравнению (1) показывают, что P_i может достигать высоких значений ($\approx 0,9 P_e$). Следовательно, при резком падении P_i (при гидропрорыве) будет наблюдаться быстрое увеличение эффективного давления, при достижении которым предела прочности пород очага будет иметь место их разрушение и подвижка. Этим объясняются также и некоторые процессы в оползневых телах.

ВЛИЯНИЕ НЕРАВНОМЕРНОГО ОБЪЕМНОГО СЖАТИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

Муминов А.С., Институт сейсмологии АН
Уз. ССР, Ташкент

Проводились лабораторные исследования с целью выявления тензочувствительности удельного электрического сопротивления (ρ) осадочных пород, насыщенных раствором $NaCl$ концентрацией 10 г/л, в условиях неравномерного объемного сжатия. Исследования проводились на образцах песчаника и известняка (значения коэффициента открытой пористости соответственно равны 9,0 % и 3,1 %) при всестороннем (боковом) давлении до 100 МПа и дополнительной осевой нагрузке до 150 МПа.

Проведенные опыты по определению электрического сопротивления показали подобие изменения кривых $\rho = \rho(P)$, полученных при всестороннем равномерном сжатии и в условиях неравномерного объемного сжатия. Максимальное уменьшение ρ при разности между боковым ($P_{бок}$) и осевым ($P_{ос}$) давлением, равной 50 МПа, не превышает 30 %, при этом эффект уменьшения ρ в условиях неравномерного сжатия более четко выражен у низкопористой породы. Отмечается уменьшение темпа роста ρ в начальной стадии объемного сжатия при повышении значения $P_{ос} - P_{бок}$. Коэффициент тензочувствительности электросопротивления $K_t = \frac{d\rho/\rho}{dP/P}$ при всестороннем сжатии у известняка на один порядок больше, чем у песчаника. Тензочувствительность электросопротивления водонасыщенных горных пород за счет приложения осевой нагрузки несколько повышается у образца с межпоровым типом пористости, а у породы с трещинным типом пористости почти не изменяется.

Полученные в работе материалы могут представить интерес при выборе участков для геофизических станций на прогнозистических полигонах в сейсмоактивных районах.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОРОД В ПРОЦЕССЕ РУДОГЕНЕЗА

Николаенко В.И., ИГФМ АН УССР, Гавриш В.К.,
Индутный В.Ф., Кучинка Г.Д., ИГН АН УССР,
Лахнюк В.М., КО УкрНИГРИ

Для оценки фильтрационных процессов в рудообразовании экспериментально изучена большая коллекция (около 500 образцов) разнотипных кристаллических пород некоторых месторождений Уж при различных давлениях и температурах.

Установлены: 1. Зависимость характера изменения физических параметров исследованных пород при переменных Р-Т условиях от генетических особенностей, минерального состава, структурно-текстурных особенностей, температуры образования, давления и геохимических факторов.

2. Взаимосвязь процессов рудогенеза и рудолокализации с геологической средой и физико-химическими особенностями фильтрующихся растворов.

3. Роль физико-механических свойств пород в процессе рудообразования. Так, пластичность и хрупкость в значительной степени определяют характер деформаций, которые способствуют транспортировке рудогенных элементов. Расчеты показателей пластичности свидетельствуют, что породы гранитоидного ряда более хрупкие по сравнению с породами гнейсового ряда, которые более пластичные.

4. Роль Р-Т условия в превращении жестких пород в более пластичные, хотя в некоторых случаях породы могут сохранять относительную хрупкость даже в условиях значительных глубин с образованием зон фильтрации или зон разуплотнения пород.

5. Влияние анизотропии, минерального состава, наличия флюидов и других факторов на физическое состояние пород определяют миграцию рудогенных растворов.

**МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ
МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
ЕМКОСТНО-ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПОРОД-
КОЛЛЕКТОРОВ ДЛЯ ПЛАСТОВЫХ УСЛОВИЙ**

Петкевич Г.И., Башкиров Г.Л., Зубко А.С.,
Шеремета О.В., ИГГИ АН УССР, Львов

Емкостно-фильтрационные свойства (ЕФС) пород-коллекторов зависят от большого числа физико-геологических факторов, причем для каждой конкретной ситуации (образец, пласт) эти свойства могут определяться своим сочетанием факторов. Поскольку процесс формирования ЕФС в геологическом разрезе имеет вероятностный характер, описывающие их модели и прогнозные соотношения также должны быть вероятностно-статистическими. При построении петрофизических моделей оценки и прогнозировании ЕФС по геофизическим данным особенно важным являются увязка и комплексирование разнородной исходной информации (теоретические, лабораторные, скважинные данные).

В качестве объекта исследования были взяты выборки физических параметров пород-коллекторов нижнекаменноугольных отложений северо-западной части Днепровско-Донецкой впадины. Они включали значения скорости упругих волн, пористости, проницаемости, остаточной водонасыщенности, определяемые на образцах в условиях, моделирующих пластовые, значения глинистости пород и глубины их залегания, а также значения геофизических параметров, определяемые в скважинах. Применимость исходных теоретических положений проверялась на специально изготовленных искусственных образцах кварцевых песчаников и на уплотненных песках. По разработанной методике анализа шлифов искусственных образцов и реальных кварцевых песчаников установлена их адекватность по структурным и акустическим характеристикам, что позволило оценить информативность отдельных геофизических параметров относительно искомых величин. Обработка экспериментальных данных выполнена на основе разработанных алгоритмов поиска оптимальных корреляционных связей между ЕФС и геофизическими параметрами и составления множественных нелинейных уравнений регрессии.

В результате построены уравнения для определения коэффициента пористости, проницаемости и остаточной водонасыщенности по каротажным данным. Исследована информативность параметров ГИС для решения указанной задачи.

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД ДНЕПРОВСКО-ДОНЕЦ- КОЙ ВПАДИНЫ

Притулко Г.И., ИГГГ АН УССР, Львов

В результате изучения влияния процессов эпигенеза на петрофизические свойства осадочных пород составлена карта глубин начала аргиллитизации глинистых пород и зоны глубинного эпигенеза и выявлен характер изменения емкостно-фильтрационных свойств пород с глубиной по всему региону впадины.

В наиболее погруженной центральной части грабена верхняя граница зоны глубинного эпигенеза находится на глубинах ниже 4500-5000 м и постепенно воздымается в краевых зонах до 3000 - 2500 м. В пределах Брагинско-Черниговского выступа фундамента она совпадает с кровлей девонских отложений. В юго-восточной части впадины граница между начальным и глубинным эпигенезом опускается на глубины 4000 - 4500 м, а вблизи складчатого Донбасса резко воздымается до глубин 1200-1000 м.

Закономерное изменение коэффициента пористости K_{Π}^H с глубиной описывается уравнением для глинистых пород $K_{\Pi}^H = K_{\Pi}^0 \times \exp(-0,25 \beta H)$, а для песчано-алевритовых $K_{\Pi}^H = K_{\Pi}^0 (1 - aq)^x$ $\exp(-0,25 \beta H)$. Здесь q - содержание глинисто - растворимых частиц в единице объема породы, а - эмпирический коэффициент. Величина K_{Π} изменяется для глинистых пород в пределах 0,31 0,54, а песчано-алевритовых 0,65... 0,80. Коэффициент необратимого уплотнения соответственно $(21,0 \dots 40,0) \times 10^{-4} \text{ см}^2/\text{кг}$ и $(12,8 \dots 36,1) \times 10^{-4} \text{ см}^2/\text{кг}$.

Коэффициент необратимого уплотнения пород тесно коррелируется с глубинами зоны глубинного эпигенеза и с величинами среднего геометрического градиента разреза.

На отдельных площадях наблюдается отклонение от общей

закономерности понижения коллекторских свойств с глубиной, вызванное процессами выщелачивания карбонатного цемента, регрессивного эпигенеза, буферной ролью углеводов и развитием трещиноватости.

Выявленные закономерности позволяют прогнозировать коллекторские свойства песчано-алевритовых пород на больших глубинах по всему региону впадины.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АНИЗОТРОПНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД ДНЕПРОВСКО - ДОНЕЦКОЙ ВПАДИНЫ

Солдак А.Г., Филалко А.И., КГУ, Киев

Проведенные эксперименты с породами палеозойского возраста Днепровско-Донецкой впадины позволили выявить некоторые закономерности в изменении коэффициента проницаемости под влиянием анизотропного напряженного состояния. При проведении опытов с кварцевыми мономинеральными песчаниками и алевритами с регенерационным типом цемента на кривых деформирования этих пород обычно отмечалось увеличение проницаемости. При этом вначале увеличение осевого давления приводит к упругим деформациям сжатия поровых каналов и микротрещин, ориентированных перпендикулярно направлению фильтрации, что не влияет на проницаемость. Дальнейшее повышение осевого давления ведет к росту касательных напряжений, способствующих раскрытию существующих трещин, что вызывает увеличение проницаемости. Увеличение проницаемости на данном этапе происходит в результате образования новых трещин скольжения по плоскостям максимальных сдвиговых напряжений. Этот процесс трещинообразования идет более интенсивно в породах со слабыми межзерновыми связями. Для пород с искусственно созданными трещинами такой четкой закономерности не наблюдалось. У песчаников с базальным цементом глинисто-кремнистого состава отмечено уменьшение проницаемости с увеличением осевого давления, увеличение проницаемости характерно для песчаников с контактовым типом цемента глинисто-карбонатного состава. Особенно значительное увеличение зафиксировано у карбонатных пород. Так, у образ-

цов, представленных известняками при увеличении осевого давления до 100 Мн/м^2 наблюдалось повышение проницаемости в пять-шесть раз. Из этого следует, что в зонах резкой асимметрии тензора напряжений в карбонатных породах при определенных условиях, даже на больших глубинах резко увеличивается трещинная проницаемость. На основании проведенных исследований авторами предложена классификация изучавшихся пород по степени изменения их проницаемости.

СОПОСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ОБРАЗЦАХ РАЗЛИЧНОГО РАЗМЕРА В ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Стефанкевич З.Б., Скворцова Э.А., Мурог
М.М., НПО Союзпромгеофизика, Москва

В последнее время высказывалось предположение о несопоставимости результатов петрофизических исследований, проводимых на образцах разных размеров. Это поставило под сомнение ранее полученные результаты исследований по влиянию термобарических условий залегания на петрофизические параметры и их зависимости.

С целью изучения, этого вопроса были проведены исследования на образцах стандартного размера и диаметром 65 мм, высотой от 80 до 200 мм (объем образцов от 200 до 600 см³) при всестороннем давлении до 150 МПа, внутрипоровом - до 60 МПа и температуре до 150°C. При исследованиях использовали две методики. Первая - когда внутрипоровое давление было равно атмосферному давлению и изменение объема пор измерялось по уровню столба жидкости вытесняемому из образца при сжатии в измерительные стеклянные капилляры. При этой методике оказалось, что величина изменения объема пор исследуемых образцов большого размера значительно отличается от величины изменения объема пор образцов стандартного размера. Вторая методика отличалась тем, что исследования проводились при внутрипоровом давлении, равном пластовому давлению глубины отбора пород, в среднем $P_{пл} = 24 \text{ МПа}$.

Построенные кривые изменения объема порового пространства для больших кернов соответствуют аналогичным кривым образцов стандартного размера. Подобные результаты получены также для изменения удельного электрического сопротивления и скорости распространения упругих продольных волн.

Таким образом, первые эксперименты по изучению влияния термобарических условий на величину изменения петрофизических параметров образцов пород различного размера говорят о полной сопоставимости получаемых результатов исследований.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ДЕПРЕССИИ НА ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КОЛЛЕК- ТОРОВ

Стефанкевич З.Б., Скворцова Э.А., Мурогов М.М.
НПО Союзпромгеофизика, Москва

Для предотвращения ухудшения естественных коллекторских свойств пласта в процессе вскрытия его перфорацией все большее применение находит технология прострелочных работ в условиях депрессии на пласт. При этом величина депрессии зачастую избирается исходя из предположения, что чем больше перепад давления, тем лучше.

С целью изучения влияния депрессии на фильтрационные свойства терригенных пород Талинской площади Западной Сибири нами проведены экспериментальные исследования на образцах при фильтрации через них солевого раствора (20г/л) при перепадах давления от 2 МПа до 22 МПа, а всестороннее давление было постоянным - 60 МПа. Подготавливая эксперимент, мы исходили из того, что при вскрытии пласта на депрессию в при-скважинной зоне происходит резкое падение пластового давления и как результат - быстрое возрастание эффективного давления, что в свою очередь может привести к деформации при-скважинной зоны пласта и ухудшению ее фильтрации. Проведенные опыты подтвердили это. Так при резком увеличении перепада давления на торцах образцов (до 16 МПа) происходит значительное уменьшение проницаемости, при этом чем больше пористость образца, тем меньше величина изменения коэффициента проницаемости.

Результаты настоящих исследований указывают на необходимость получения научно-обоснованных данных о величинах депрессий при вскрытии нефтеносных пластов перфорацией, с целью получения максимального притока нефти.

ОЦЕНКА КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ ПО ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫМ СВОЙСТВАМ

Фомин А.А., ИГиРГИ МНП и АН СССР, Москва

Оценка влияния объемно-напряженных состояний и температур, характерных для некоторых участков земной коры, на физические свойства пород важна как для установления величин поправок на упругие изменения коэффициентов пористости и проницаемости при выносе керна на поверхность, так и для интерпретирования результатов геофизических исследований. В связи с этим, в ИГиРГИ были постановлены исследования по изучению деформационно-прочностных свойств, коэффициентов сжимаемости, пористости и проницаемости карбонатных пород при напряженных состояниях равномерного и неравномерного трехосного сжатия при одновременном воздействии порового давления насыщающей жидкости и температуры.

Исследованию подверглись карбонатные породы типичных литологических разностей подсоловых отложений юрского и мелового ряда нефтегазоносных районов Предкавказья и подсоловых отложений карбона Тенгизского нефтяного месторождения Юго-Востока Прикаспийской впадины. Глубины залегания от 4-х до 5,5 км. Испытания проводились на двух типах коллекторов: порово - трещинном и порово - кавернозном.

Как показали эксперименты, порово-трещинные коллектора значительно отличались по своим физико-механическим свойствам от пород-коллекторов порово-кавернозных. Так сжимаемость первых на глубине залегания составила до $0,070 \cdot 10^{-4}$ см²/кгс, коэффициент проницаемости от 1,3 до 3,7 мд, у вторых сжимаемость составила от 0,090 до 0,13 см²/кгс, проницаемость от 7,5 до 65,0 мд. Прочностные и деформационные характеристики также значительно отличались. Так если у порово-трещинных

коллекторов при неравномерном объемном сжатии увеличение объема не превышало 3%, то у порово-кавернозных оно достигало до 6-13%.

Рассмотрены факторы влияющие на физико-механические характеристики карбонатных пород.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОД
КОЛЛЕКТОРОВ И ЭКРАНОВ СЕВЕРА ТИМАНО-ПЕ-
ЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ В УСЛО-
ВИЯХ ПРИБЛИЖЕННЫХ К ПЛАСТОВЫМ

Хитров А.М., ВНИГНИ, Москва

Шершуков П.В., ПГФЭ ПГО, "Архангельскгеология",
Архангельск

Для правильной интерпретации данных ГИС с целью выделения в разрезах скважин коллекторов и экранов необходимо знание петрофизических связей между основными оценочными параметрами. В сложных глинисто-карбонатных и карбонатно-кремнистых разрезах, характерных для палеозоя севера ТПП, петрофизические зависимости особую роль, т.к. они необходимы для обоснования подсчетных параметров.

Исследование физических свойств кремнистых, глинистых и карбонатных разностей в условиях приближенных к пластовым позволяют выделить коллектора различных типов, определить нижние пределы пористости, установить характер изменения оцениваемых параметров в зависимости от давления и температуры.

Проведенный комплекс исследований дает возможность дифференцировать сложный разрез палеозоя на три группы пород, существенно отличающихся по своим физическим свойствам: а) породы-коллекторы, б) породы, обладающие проницаемостью при практически нулевой полезной емкости, в) породы-экраны.

Установлено, что выделенные по физическим свойствам три группы пород отличаются вещественным составом и текстурно-структурными особенностями.

ЗАВИСИМОСТИ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОТ
КОЛЛЕКТОРСКИХ ДЛЯ ПЕСЧАНО-АЛЕВРИТОВЫХ
ПОРОД МЕЗОЗОЯ ЗАПАДНО-СИБИРСКИХ РАВНИН
ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Шинигин С.И., Рассказова И.И., Зап. СибНИГНИ,
Тюмень

1. Для надежной количественной интерпретации данных акустического каротажа в нефтегазовой геологии необходимо получить корреляционные связи акустическими и коллекторскими свойствами для каждого конкретного случая. Чаще всего изучались до сих пор связи между акустическими и емкостными свойствами. Однако их совершенно недостаточно, поскольку успех можно получить только при комплексном исследовании.

2. Мы провели комплексное исследование связей между большим количеством параметров коллекторских свойств и двумя акустическими для трех состояний насыщения при различных давлениях и температурах и др. Исследованно 125 образцов при 40 сочетаниях условий, получено 6 тысяч измерений скоростей продольных и поперечных волн одновременно.

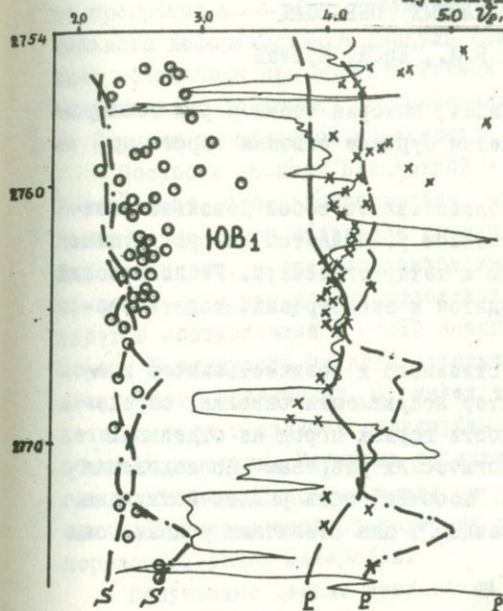
3. Найдены 64 двумерные зависимости скоростей продольных и поперечных волн от проницаемости, пористости, нефтенасыщенности при давлении до 40 МПа для песчано-алевритовых коллекторов нефти и газа пластов АС₇₋₁₀, ПС₁₋₃, БС₁₀, АВ₁₋₈, БВ₈, БВ₁₀ и ачимовской пачки Среднего Приобья Западно-Сибирской равнины.

4. Показано, что данные акустических исследований сухих образцов (как зачастую это делается) редко искажают истинную картину, поэтому они ни в коем не должны быть использованы при интерпретации кривых акустического каротажа. Все двумерные корреляционные зависимости носят нелинейный характер.

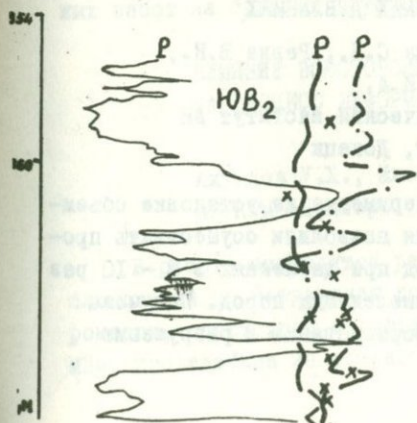
СОПОСТАВЛЕНИЕ v_p И v_s ИЗМЕРЕННЫХ В УСЛОВИЯХ ЕСТЕСТВЕННОГО ЗАЛЕГАНИЯ И НА ОБРАЗЦАХ ПРИ УСЛОВИЯХ БЛИЗКИХ К ПЛАСТОВЫМ

Ягодкин В.А., Сергеев Л.А., ВОИГЫРГИ,

Куйбышев



Лабораторные данные
ВОИГЫРГИ по v_p и v_s
в скатых ядрах из скв.
№ 3Р. Показки сопостав-
лены с кривыми акусти-
ческого каротажа той же
скважины с помощью СПАК-2
(НГДУ Покачевнефть) и
ПАК (ВОИГЫРГИ). В раз-
резе песчаники плотные
и мелко- и среднезерни-
стые. Осредненные значе-
ния v_p и v_s по карота-
жу ПАК (по фазокорреля-
ционной диаграмме) удов-
летворительно совпадают
с лабораторными данными.
Коэффициент дисперсии
для продольных волн ра-
вен в среднем - 4,1%, а
для поперечных волн в
среднем - 11,5 %.



— СПАК (ΔT), — ФКД (T_{cp}),
o - v_s по образцу,
x - v_p по образцу; ФКД (ΔT)

ДЕФОРМАЦИОННО - ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА
ГОРНЫХ ПОРОД

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЯ АНИЗОТРО-
ПИИ ГОРНЫХ ПОРОД НА МОДЕЛЬНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
РАЗРЕЗАХ И ОТДЕЛЬНЫХ ОБРАЗЦАХ

Акопян Р.З., ЕрПИ, Ереван

Одной из важнейших задач, которая стоит перед геолого-разведочной службой, является бурение скважин строго по проектной трассе.

Искривление скважин представляет собой довольно сложную проблему, которая в основном разделяется на три группы: геологическую, техническую и технологическую. Геологический фактор в общем случае сводится к анизотропии свойств горных пород.

Для определения качественного и количественного влияния анизотропии на характер искривления скважин, определялась степень анизотропности горных пород на отдельных образцах и модельных геологических разрезах. Исследования показали, что анизотропия "массива" есть равнодействующая анизотропии отдельных образцов и для различных условий они отличаются друг от друга.

ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМИРУЕМОСТЬ ОСАДОЧНЫХ
ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Алексеев А.Д., Дуброва С.Б., Ревва В.Н.,
Рязанцев Н.А., Бойко И.А.

Донецкий физико-технический институт АН
УССР, Донецк

Условия лабораторного эксперимента на установке объемного неравнокомпонентного сжатия позволили осуществить процесс деформирования горных пород при давлениях в 8 - 10 раз превышающих давление от веса вышележащих пород. Получены экспериментальные данные по деформированию и разрушению

горных пород при допределном, предельном и запределном состояниях. Различными методами нагружения и разгрузки образцы пород доводятся до предела прочности и разрушения, аналогично деформированию в натурных условиях для глубин разработки 1000 - 1500 м. Методом циклического нагружения по программе $\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3$ получены основные параметры запредельного деформирования (модуль спада, объемное расширение, остаточная прочность). Учтена неравнокомпонентность напряженного состояния по сравнению с нагружением по схеме Кармана за пределом прочности.

Построен паспорт предельной и остаточной прочности. Установлено, что с возрастанием минимального бокового давления наблюдается сближение уровней предельной и остаточной прочности, а при постоянном минимальном сжимающем напряжении ϵ_3 и увеличении отношения ϵ_2/ϵ_3 возрастает вклад упругой составляющей в общей энергии деформирования горных пород. Зависимость энергии деформирования от величины промежуточного напряжений ϵ_2 имеет точку возврата, что свидетельствует о наличии структурных превращений в условиях объемного сжатия. Величина эффективной поверхностной энергии в объемном поле сжимающих напряжений возрастает за счет смены зернограницного разрушения разрушением по зернам породообразующих минералов.

Полученные данные необходимы для понимания физических процессов, происходящих в массиве при ведении горных работ на больших глубинах.

ВЛИЯНИЕ ВСЕСТОРОННЕГО И ПОРОВОГО ДАВЛЕНИЙ НА ПРОЦЕСС ДЕФОРМАЦИИ И РАЗРУШЕНИЯ ГОР- НЫХ ПОРОД

Ахундов У.Х., Иманов А.А., Мамедов В.С.
ИПНГМ АН Азерб. ССР, Баку

В работе приводятся результаты экспериментальных исследований по разрушению горных пород в условиях всестороннего, пластового и дифференциального давлений до 150 МПа, проведенные на установке, описанной в [1].

Показаны закономерности изменения твердости, предела текучести, коэффициента пластичности, линейных размеров и объема зон разрушения в зависимости от вышеперечисленных давлений.

Установлено, что процесс разрушения горных пород существенным образом зависит от разности внешнего и пластового давлений. Так, с ростом внешнего давления, при постоянном пластовом, показатели механических свойств пород увеличиваются, а размеры и объем зон разрушения уменьшаются, в то время как увеличение пластового давления приводит к разгрузке внешнего давления и, соответственно, к уменьшению показателей механических свойств пород и росту параметров зон разрушения, при этом пластовое давление более существенно влияет на параметры зон разрушения, чем на механическую характеристику горных пород.

Выявлен механизм разрушения горных пород различного литологического состава в условиях нормального, аномально низкого и высокого пластового давлений.

И. А.А.Иманов. Экспериментальные установки для комплексного изучения механических и физических свойств горных пород при высоких термодинамических условиях. АзНИИНТИ, № 8, 1984.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД УЗБЕКИСТАНА В УСЛОВИЯХ СЛОЖНО - НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

Мел.Х.Бакиев, Ким А.В.

Институт сейсмологии АН Уз. ССР, Ташкент

Исследованы физические параметры образцов пород Узбекистана разного литолого-генетического типа в гидростатической установке высокого давления до 1,0 ГПа при сложно-напряженном состоянии. В процессе деформирования образцов при различных гидростатических давлениях регистрировались продольная (ϵ_n) и поперечная (ϵ_t) деформации, нагрузка (σ), скорости продольных волн (v_p) и сейсмоакустические импульсы (M_s) по известной методике. Запись изучаемых харак-

теристик производилась на светодуцевом осциллографе типа НО 41.1., а время прохождения упругих волн регистрировалось индикатором частотомера ЧЗ-34, что позволяло исключить субъективные ошибки измерения скорости ν_p .

Изучены граниты и гранодиориты орогенной и платформенной области, отличающиеся в естественных условиях разными стадиями накопления тектонических нарушений в различных по прочностным свойствам и условиям деформирования блоков земной коры. Установлено, что с приложением осевой нагрузки в различных гидростатических условиях значения скорости ν_p у гранитов из разных областей до нагрузок 30-40 % от разрушающей растет, а затем даже с увеличением всестороннего давления у образцов орогенной области прирост ν_p незначителен, а у гранитов платформенной области увеличение вообще не зафиксировано. Образцы орогенной и платформенной областей разрушались, в основном, хрупко.

Наши опыты и литературные данные подтверждают, что в каждом конкретном случае необходимо учитывать генетический тип исследуемых пород, так как, по - нашему мнению, влияние генезиса на физические характеристики значительно.

К МЕТОДИКЕ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД

Бахчисарайцев А.Н., Паносян В.Г., ЕрПИ, Ереван

За последние годы в горно-технической литературе большое место занимают исследования, посвященные физическим, в частности механическим свойствам горных пород и их горно-технологическим характеристикам.

Большое внимание, уделяемое этим вопросам, не случайно, так как оно является вполне закономерным в связи с неуклонно расширяющимся объемом проектирования горнодобывающих предприятий и производством горных работ в других отраслях народного хозяйства.

Наряду с расширением объемов проектных работ коренным изменениям подвергается и методика проектирования, которая ведется в настоящее время исключительно на научной основе.

Даже на разных стадиях оценки месторождения технико-экономические обоснования не могут быть составлены без надлежащей научной основы, которая во многом зависит от точности установления прочностных свойств горных пород.

Как известно, определение предела прочности на одноосное сжатие горных пород устанавливается на основе раздавливания образцов правильной формы.

Методике этих определений посвящено большое число работ. В этих работах вопрос влияния масштабного фактора, величина и форма образцов, точность их обработки, скорость приложения нагрузки и других параметров испытаний изучены достаточно детально, и технические условия Международного Стандарта можно считать достаточно убедительными. Вопрос же о количестве образцов, которые должны быть подвергнуты испытанию, не получил достаточно правильного обоснования.

В докладе рассматривается принятое в Международном Стандарте по определению прочности горных пород число образцов, необходимое для установления значений σ_{cm} и обосновывается предложения по более надежному определению этого показателя в зависимости от степени неоднородности прочностных свойств горных пород.

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НА АКУСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ РАЗЛИЧНЫХ БОКОВЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ

Баян Е.И., Дьяур Н.И., ИГиРГИ МНП и АН СССР,
Москва

С целью выявления акустических предвестников разрушения при различных давлениях исследовались изменения скорости и амплитуды продольных волн при деформировании горных пород в условиях сложного напряженного состояния. Проводились две серии опытов на образцах однотипных пород при боковых давлениях 30 и 120 МПа. На начальной стадии деформирования (в упругой области) наблюдалось большее (в два-три раза) изменение скорости и амплитуды продольных волн в первой серии опытов при 30 МПа для всех испытанных пород. При

этом наибольшие изменения величин отмечены для гнейсов и амфиболитов Кольской скважины, затем для осадочных пород, а наименьшие — для андезитов и габбро — диабазов.

Кроме стадии упругой деформации, которая характеризуется почти линейным уменьшением объема, рассматриваются еще две стадии деформационного процесса. На второй стадии характер изменения объемной деформации отклоняется от линейного, начинается дилатансия. В конце этой стадии объем достигает первоначальной величины. Изменения скорости и амплитуды здесь невелики, для некоторых осадочных пород заметно еще большее их возрастание, а для габбро-диабаз — незначительное уменьшение.

Третья стадия, на которой регистрируется большее или меньшее увеличение объема пород (деформационное разуплотнение), для песчаников и алевролитов оно достигает 1,6 % при 30 МПа и 2,4 % при 120 МПа, заканчивается разрушением пород. На этой стадии скорость и амплитуда продольных волн уменьшаются, особенно значительно при 120 МПа.

Анализ полученных результатов позволяет рассмотреть процесс деформирования пород вплоть до разрушения, оценить изменения акустических свойств пород в процессе подготовки разрушения для разных глубин (разных боковых давлений) и различных типов пород.

ИЗМЕНЕНИЕ СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД РАЗРУШЕНИЮ В УСЛОВИЯХ СВЕРХГЛУБОКОЙ СКВАЖИНЫ

Ворожбитов М.И., Гришин А.С., Кагарманов Н.Ф.,
Эйгелес Р.М., ВНИИБТ, Москва

Совместное действие горного давления и давления промывочной жидкости на забой скважины может привести к возникновению на его поверхности растягивающих напряжений σ_r и σ_θ при сжимающих напряжениях σ_z /1/.

Прочностной анализ, проведенный с помощью построения поверхности предельных состояний, построенной по экспериментальным данным, позволяет сделать вывод о возможности возникновения самопроизвольных радиальных трещин

на поверхности забоя /2/. Образование на забое системы магистральных трещин способствует ускорению процесса бурения при больших глубинах скважины. Другим следствием трещинообразования является разрушение образующегося при колонковым бурении керна в плоскостях, параллельных забою скважины, т.н. дискование керна. У основания керна образуются трещины, которые являются одной из причин его дискования.

Гипотеза о повышении скорости проходки, начиная с определенной глубины скважины, подтверждается лабораторными испытаниями микродолот при горном давлении до 200 МПа/3/. Аналогичный результат получен при бурении Кольской сверхглубокой скважины СГ - 3, при бурении которой углубление долот за оборот увеличивалось, начиная с глубины = 5000 м /4,5/.

1. Гришин А.С. Труды ВНИИБТ, вып. XXXIII, М., 1975, с.71 - 76.
2. Эйгелес Р.М., Эстрин Ю.Я. Труды ВНИИБТ, вып. XX, "Недра", М., 1968, с. 34 - 49.
3. Бишев А.Г., Кагарманов Н.Ф. Труды УНИ, вып. XI, Уфа, 1972, с. 32 - 37.
4. Бергштейн О.Ю. Кольская сверхглубокая. М., "Недра", 1984, с. 459 - 461.
5. Андрианов Н.И., Ворожбитов М.И., Губерман Д.И. XXII Международный Геологический конгресс, М., "Недра", 1984, с.120.

МИКРОРАЗРУШЕНИЯ В ЗЕРНАХ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ

Германович Л.Н., Ершов Л.В., МГИ, Москва

При больших напряжениях и температуре в горных породах часто наблюдаются микроразрушения, приуроченные в среднем, к одному из слагающих породу минералов. Это явление можно объяснить на основе модели горной породы как случайно - неоднородной среды, если считать, что за микроразрушения минералов ответственны структурные напряжения, действующие в зернах. Они получаются усреднением тензора напряжений по части элементарного объема, занятого тем или иным минералом. Усреднением по элементарному объему можно

показать, что имеется линейная связь между тензором структурных напряжений, температурой и тензором макроскопических напряжений (определяемых в экспериментах или из решения краевых задач). Отсюда следует, что при заданном виде напряженного состояния (одноосное, двухосное и т.п.) микроразрушения в зернах происходят при вполне определенной температуре нагрева, которая легко рассчитывается.

Количественные расчеты для случаев поверхностного и объемного нагревания магнетитового кварцита, в качестве которого выбрана изотропная смесь кварца и магнетита, показывают, что структурные напряжения в кварце растягивающие, а в магнетите - сжимающие. Поэтому микроразрушения должны быть приурочены к кварцу, а зерна магнетита в среднем должны оставаться ненарушенными. Это и наблюдается в экспериментах.

Так как множественность микроразрушений приводит к заметному и регулярному изменению свойств породы в целом (и, в частности, скорости упругих волн), то нагретая и ослабленная область в массиве может быть сравнительно легко обнаружена. Изменение упругих свойств можно оценить методом эффективных характеристик.

Данный подход позволяет учесть и пластичность отдельных минералов.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ И ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ИХ СОСТОЯНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОБЪЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ СИЛ

Гринин А.С., Левина А.Б., Эйгелес Р.М.
ВНИИГТ, Москва

Разработана комплексная методика лабораторных исследований деформационных и прочностных свойств горных пород в зависимости от гидростатического и порового давлений, кинематики воздействия, а также геометрии действующего инструмента для целей бурения глубоких скважин.

При бурении скважины область породы в районе забоя на-

ходится в сложно - напряженном и структурно - поврежденном состоянии. На большой глубине в призабойной зоне действует давление горного массива, поровое давление, гидростатическое давление промывочного раствора и сложная эпюра поверхностных сил со стороны элементов вооружения долота. Теоретически процесс разрушения описывается термодинамической моделью реологических свойств породы.

Для лабораторной оценки прочностных свойств горных пород по отношению к динамическому воздействию инденторов различных форм используются следующие характеристики: зависимость силы, действующей на индентор, от глубины его внедрения в породу $P(\delta)$, зависимости объема разрушения и глубины лунки выкола от максимального внедрения $V(\delta_{max})$, $h(\delta_{max})$. Набор этих экспериментальных характеристик используется в рамках системного подхода к задачам оптимизации вооружения буровых долот и апробирования теории. Реализация экспериментов ведется на оригинальной лабораторной установке, позволяющей воссоздать забойные условия в комплексе: горное и поровое давления, гидростатическое давление раствора, условия внедрения зубка долота.

1. Левина А.Б. В сб. Разрушение горных пород при бурении скважин, Уфа, 1982.
2. Эйгелес Р.М., Стрекалова Р.В. Расчет и оптимизация процессов бурения скважин. М., "Недра", 1977.

МОДЕЛЬ НЕУПРУГОГО УВЕЛИЧЕНИЯ ОБЪЕМА ТРЕЩИНОВАТЫХ СКАЛЬНЫХ ПОРОД ПРИ ОДНООС- НОМ СЖАТИИ

Дыскин А.В., МГИ, Москва

Салганик Р.Л., Институт проблем механики АН СССР

При одноосном сжатии образцов трещиноватых скальных пород наблюдаются неупругие поперечные деформации, приводящие к увеличению объема образца /дилатансии/. Основным механизмом дилатансии является, как полагают, раскрытие вторичных трещин, ответвившихся в процессе нагружения от начальных трещин, расположенных наклонно к оси сжатия.

Модель этого механизма основана на представлении образа скальной породы в виде упругого тела, которое в начальном состоянии содержит хаотически ориентированные дискообразные трещины. Эти трещины при увеличении сжимающей нагрузки растут, ориентируясь вдоль оси сжатия, их рост сопровождается раскрытием, которое приводит к возникновению неупругой поперечной деформации. Анализ проведен для стадии нагружения, соответствующей значительному прорастанию трещин, в предположении, что трещины, выросшие из разных начальных трещин, не взаимодействуют. Сильно выросшие трещины приближенно представляются в виде плоских щелей, параллельных оси сжатия, каждая из которых нагружена сосредоточенными силами, распределенными вдоль ее поперечной оси и имитирующими действие центральной наклонной площадки, развившейся из начальной трещины, эффективно по механизму продольного сдвига.

Модель предсказывает, что неупругая поперечная деформация растет, пропорционально пятой степени сжимающих напряжений. Результаты расчетов качественно, а для ряда образцов скальных пород /гранит, кварцит/ и количественно, согласуются с измеренными в экспериментах зависимостями поперечной деформации от осевого сжимающего напряжения. При этом значения коэффициентов пропорциональности, вычисленные, согласно модели, по данным о свойствах материала, размерах и концентрации начальных трещин, по порядку величины близки к значениям, полученным при согласовании теоретических и экспериментальных зависимостей неупругой поперечной деформации от осевого напряжения.

ИЗМЕНЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГАББРОИДОВ ПРИ ДЕФОРМАЦИИ

Звягинцев Л.И., ИГЕМ АН СССР, Москва
Томашевская И.С., Хамидулин Я.Н., ИФЗ АН
СССР, Москва

Эксперименты проводились на однородном по плотности и пористости (0,27 - 0,36) % кристаллическом габбро ультраабиссальной фации (25 - 30)км. Деформация осуществлялась

при всестороннем давлении, равном 200 МПа, и независимом осевом статии, которое поднималось до разрушения со скоростью нагружения 2 МПа/с. Изучение физических свойств пород, деформированных при разных значениях осевых напряжений, позволило увязать тип остаточной деформации с физическими показателями.

До осевых напряжений, не превышающих 75 % от разрушающей нагрузки, максимальная остаточная продольная деформация составляла 0,04 %, поперечная - 0,26 %. При этом породы испытали уплотнение с уменьшением пористости на 2,0 - 3,5 %. Плотность возросла незначительно. Однако, скорости упругих волн понизились, продольных на 1,3 - 2,2 %, поперечных на 4,4 - 7,7 %.

При осевом напряжении, близком к предельному, (75 % и более от разрушающего), продольная деформация составляла 0,43 %, поперечная - 4,78 %. Породы не разрушены, но сильно разуплотнены с увеличением пористости в 2,5 раза по сравнению с исходной. Плотность, наоборот, незначительно уменьшена. Скорости продольных волн падает максимально на 14,5 %, скорость поперечных волн более стабильна и уменьшается не более, чем на 7,0 %.

Физические параметры в обломках разрушенных пород такие же, как и в породах, деформированных при осевых нагрузках, более 75 % от разрушающей.

Причина изменения физических свойств габбро связана с разным проявлением пластической деформации и хрупкого разрушения в пределах кристаллов на разных этапах приложения осевого давления.

Эти данные применимы для решения обратной задачи - выявления типа деформации и реконструкции геодинамических режимов, в которых находились интрузивы габброидов и других основных пород.

ВЛИЯНИЕ ИСТОРИИ НАГРУЖЕНИЯ НА ХАРАКТЕР УПРОЧНЕНИЯ ПЛАСТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

Жигалкин В.М., Усова О.М., Шемякин Е.И.
ИГД СО АН СССР, Новосибирск

На основании предположения об ортотропии пластического состояния и механической схемы деформирования С.А. Христиановича построена математическая модель упрочняющегося пластического материала. Пластическая деформация представляется как последовательность сдвигов на площадках действия главных касательных напряжений.

Особое внимание уделено изучению двух - и трехзвенных траекторий нагружения, когда после участка простого нагружения излом траектории осуществлялся на угол более 90° в пространстве главных напряжений Ильюшина в условиях плоского напряженного состояния. В этих случаях такие нагружения приводили к уменьшению интенсивности напряжений и одновременному росту интенсивности деформаций, и во втором главном направлении - к упругому изменению одной из главных компонент тензора деформаций.

На примере материалов, разнo сопротивляющихся растяжению и сжатию: чугуна, стали при нормальной и низкой (-80° , -110° , -130°C) температурах рассмотрены особенности пластического деформирования, сопровождающегося изменением вида напряженного состояния. Экспериментально обнаружена упругая связь между главным напряжением и второй главной компонентой тензора деформаций. Указываются пределы, в которых сохраняется эта связь.

ВЛИЯНИЕ ВИДА НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ НА ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА УГЛЕЙ

Карманский А.Т., ВНИИ, Ленинград

В условиях осевого сжатия (σ_1) при разном гидростатическом давлении (бокового давление σ_2) были исследованы: бурый уголь Шурабского месторождения Воркуты и Кузбасса. Диапазон давления гидростатического сжатия (σ_2) для угля Ворку-

тинского месторождения до 30 МПа, для угля Кузбасса - до 80 МПа, для бурового угля до 60 МПа, давление фильтруемого газа (азот) Р до 5 МПа.

Установлено, что коэффициент проницаемости ($K_{пр}$) углей с ростом давления фильтрации (Р) уменьшается. С ростом σ_2 наблюдается уменьшение $K_{пр}$ для всех разновидностей угля. В условиях осевого сжатия при разных значениях σ_2 для каменных углей (Воркута и Кузбасс) характерно увеличение $K_{пр}$ с ростом $\Delta \sigma_1$ по сравнению с $K_{пр}$ при гидростатическом сжатии. Для бурого угля при σ_2 до 2,5 МПа $K_{пр}$ незначительно увеличивается. При более высоких значениях σ_2 с ростом $\Delta \sigma_1$ проницаемость бурого угля уменьшается по сравнению с величиной $K_{пр}$, полученной при гидростатическом сжатии.

Зависимость $K_{пр}$ на пределе прочности можно аппроксимировать уравнением

$$K_{пр}^n = K_{0e}^{-\alpha_1 \sigma_0^n},$$

где K_0, α_1 - константы для данного материала,
 σ_0^n - среднее нормальное напряжение, определяемое

$$\sigma_0^n = \sigma_2 + \frac{\Delta \sigma_1}{3}$$

ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИЧНОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД НА ЗАКОНОМЕРНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ УПРУГОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ ИХ ДЕФОРМИРОВАНИИ

Куксенко В.С., Манжиков Б.Ц.,
ФТИ АН СССР, Ленинград

При одноосном сжатии цилиндрических образцов диаметром 2,5 см и высотой 6 см из мрамора, песчаника и гранита регистрировались в реальном масштабе времени акустические сигналы (АС) измерением их амплитудных и временных параметров. Накопление и анализ АС проводился в ЭВМ. Вычислены энергии АС и суммарная упругая энергия, выделяющаяся при деформировании образцов вплоть до макроразрушения. Выделение упругой энергии сопоставлено с дилатансией образцов. Получены распределения числа АС по их энергиям, сделаны оценки максимально-возможных энергий упругих импульсов в

зависимости от размеров нагружаемых образцов. Сделано заключение о склонности исследованных пород к динамическим проявлениям при их деформировании. Обсуждены физические подходы к прогнозированию горных ударов.

ИЗОЛИРОВАННЫЕ И ОТКРЫТЫЕ ИСТОЧНИКИ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Лившиц Л.Д., Гаврилов Б.Г., ИФЗ АН СССР,
Москва

Согласно П.В. Бриджмену в общем случае разрушение определяется балансом энергии в системе образец - внешние источники силы. Следуя этому подходу, в опытах по разрушению образцов бетона и гранита варьировались условия нагружения, влияющие на характер разрушения, относительную жесткость испытательной машины или скорость изменения усилия на падающем участке кривой сила - перемещение. Регистрация дискретной акустической эмиссии (АЭ) в диапазоне частот от 100 Гц до 1 МГц выявила несколько характерных типов импульсов, отличающихся доминирующими частотами и амплитудой.

До появления магистрального разрыва, импульсы АЭ содержат в основном высокие (>100 кГц) частоты и имеют относительно малые амплитуды. Такие импульсы идут сериями, внутри которых отмечается рост амплитуд, что вероятно связано с ростом объема (иерархического уровня) повреждения. Перемещения опор пресса и падения силы при этом не наблюдается. Источник таких импульсов интерпретируется нами как "изолированный", в том смысле, что обмен энергии с внешней средой мал по сравнению с энергией внутренних напряжений, которая участвует в АЭ.

Возникновение макроразрушений и особенно магистрального разрыва с падением нагрузки и приращением линейной деформации в направлении внешних сил сопровождается значительным ростом амплитуд импульсов и появлением в них низкочастотных составляющих. Эксперимент указывает на то, что рост амплитуд обусловлен не столько увеличением масштаба повреждения или величиной упругой энергии, запасенной в нагружа-

емом объеме, сколько возможностью поступления в очаг разрушения энергии извне за время, характерное для развития этого очага. Такие источники АЭ отнесены к "открытым".

В ходе разрушения увеличивается доля содержащих низкие частоты импульсов с большими амплитудами, что интерпретируется как возрастание с развитием поврежденности материала числа "открытых" источников АЭ.

ОСТАТОЧНАЯ ПРОЧНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОНАПРЯЖЕННЫХ СОСТОЯНИЙ

Мансуров В.А., ИФМГП АН Кирг. ССР, Фрунзе

Горные породы в условиях сложнапряженных состояний, соответствующих верхним частям земной коры, проходят ряд стадий, связанных с развитием в них подверждаемости. Понятие предела прочности при этом имеет смысл максимально выдерживаемой породой нагрузки. В области за этим пределом материал продолжает при увеличивающейся деформации снижать свою прочность и достигает некоторой стабильной величины. Повышение величины бокового давления приводит к изменению как характера разрушения, так и величины остаточной прочности. Разница между предельной, выдерживаемой породой нагрузкой и остаточной прочностью уменьшается, и при определенной величине параметра $C = \sigma_2 / \sigma_1 \approx 0,4$ они совпадают.

Разрушение от сдвигового напряжения по нескольким плоскостям при малом параметре C переходит через разрушение сколом, сколом с дроблением к условию неограниченного пластического течения. При этом оно сопровождается дилатацией и характеризуется массовым дисперсным накоплением микротрещин по объему образца, поворотом зерен, их уплощением и двойникованием кристаллов кальцита.

Полученные результаты представляют интерес при интерпретации геофизических наблюдений в реальных средах.

ИЗУЧЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УСИЛИЯ ПО ПЛОЩАДИ ОПОРЫ ПРИ МЕХАНИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ КРУПНЫХ ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД

Марков В.К., Прищепов В.Ф., ИФЗ АН СССР, Москва
Семерчан А.А., ИФВД АН СССР, Москва

Описывается сконструированное авторами специальное си-
лоизмерительное устройство, предназначенное для одновремен-
ного измерения больших (до 15000 тс) сжимающих сил и их рас-
пределения по опорной поверхности. Устройство опробовано в
экспериментах с крупномасштабными образцами бетона и гранита.
Полученные данные о величине полной нагрузки хорошо согласо-
уются с результатами измерений с помощью других методик.
Установлено, что устройство хорошо регистрирует неоднород-
ности распределения нагрузки по плоскости опоры и позволяет
контролировать изменение распределения нагрузки как на на-
чальных стадиях деформации образца, так и при его разрушении.

Приводятся результаты экспериментов. Установлено, что
в экспериментах с большими образцами имеет место неоднород-
ность распределения нагрузки по плоскости опоры, которая
значительна при малых приложенных силах, и уменьшается при
увеличении силы. При снижении нагрузки неоднородность рас-
пределения вновь увеличивается. Отмечена корреляция неоднородностей распределения нагрузки с отколом фрагментов об-
разца. Зарегистрировано перераспределение нагрузки между
фрагментами на стадии постразрушения при сохранении несущей
способности образца. Показано, что контроль распределения
нагрузки позволяет по возникающим неоднородностям распре-
деления предсказать участок разрушения задолго до его на-
чала. Приводятся данные о релаксации неоднородностей в ус-
ловиях стесненных деформаций и при снятии нагрузки.

ВЛИЯНИЕ НАПРЯЖЕННО - ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ПОРОД НА ИХ СВОЙСТВА В ОКОЛОСКВАЖИННОЙ ЗОНЕ
ВАТЬ - ЕГАНСКОЙ И ТАЛИНСКОЙ ПЛОЩАДЕЙ

Матвеевко А.А., Стефанкевич З.Б., Колпакова Г.И.,
Тер - Хачатурова Г.С. ИПО Совзпромгеофизика, Москва

После вскрытия массива горных пород скважиной происходит изменение состояния и свойств окружающих пород вследствие сложных процессов механического и физико-химического взаимодействия скважинной жидкости с породой. В прискважинной зоне породы находятся в новом деформированно - напряженном состоянии под влиянием вертикальных и боковых сжимающих напряжений.

Установлены сложные изменения напряженного состояния в околоскважинной среде для сложнопостроенных неоднородных коллекторов, переслаивающихся с глинистыми породами, Красноленинского свода. При учете пластической деформации и разрушения в прискважинной зоне вблизи ствола скважины формируется аномальная напряженная зона с экстремальными значениями емкостных и физических параметров пласта.

На керне песчаников и алевролитов из продуктивных пластов Вать - Еганской и Талинской площадей в установке трехосного сжатия измерены коэффициент пористости, объемная деформация пор, скорости продольных волн в условиях неравномерного сжатия, моделирующего прискважинную и удаленную зоны. Установлены величины изменения емкостных и физических параметров от вида напряжений в породе и внутрипорового давления. Закономерности изменения разных физических параметров пород при неравномерном сжатии различны и зависят от вида напряжений и физической природы процесса.

СВЯЗЬ ПРОЦЕССОВ РАЗРУШЕНИЯ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ
С ПРОЧНОСТНЫМИ И ДЕФОРМАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ
ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Медведев В.Н., Мансуров В.А. ИФМГП АН
Кирг. ССР, Фрунзе

Исследовались упругие и прочностные свойства образцов

гранита при сложно напряженных состояниях (схема Кармана).
Повышение бокового давления $\sigma_2 = \sigma_3$ от 0 до I кбар привело к увеличению прочности на 85 %. Поскольку эти свойства отражают процессы, происходящие в породе при деформировании и разрушении, то для изучения связи между напряженно - деформированным состоянием и процессами, происходящими внутри образца, вместе с тензометрическим методом регистрации деформационных и прочностных характеристик был использован метод акустической эмиссии (АЭ), основанный на явлении излучения упругих волн при локальной динамической перестройке структуры. Регистрация акустической активности породы велась с помощью специализированного измерительно-вычислительного комплекса. Анализ амплитудно-временных распределений сигналов АЭ показал различие в процессе разрушения у образцов, испытывавшихся при разном боковом давлении. При нагружении для них отмечено наличие сигналов АЭ, амплитуды которых пропорциональны их длительностям. Закон пропорциональности меняется с ростом бокового давления за счет появления сигналов больших амплитуд и малых длительностей, что говорит об изменении в процессе разрушения и его характере, в конечном итоге.

Явления АЭ и сейсмические процессы являются аналогами на разных масштабных уровнях и отражают реально протекающие процессы разрушения. Это позволяет результаты, полученные при разрушении образцов, использовать при интерпретации сейсмических данных.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ СУХИХ И ВЛАГОНАСЫЩЕННЫХ ПОРОД

Микаелян А.О., ИГН Арм. ССР, Ереван
Стаховская З.И., ИФЗ АН СССР, Москва

В работе рассматриваются результаты исследований по изучению процесса разрушения для сухих и насыщенных пород известняков в условиях сложного напряженного состояния, состоящего из комбинации осевого (σ_1) и всестороннего (P_n) давлений. При этом в насыщенных образцах создавалось и

контролируемое поровое давление ($P_i = P_n$).

В процессе каждого эксперимента на фоне фиксированного значения P_n (для разных опытов менялось от 10 до 150 МПа) увеличивалось σ_1 до разрушения породы. При этом регистрировались скорость $\dot{P}$ - воли (V_p) и продольная деформация (ϵ).

Основным предвестником разрушения сухих образцов является бухтообразное увеличение V_p на фоне развития неупругой деформации, что указывает, согласно гипотезе ЛНТ [1], на некоторое уплотнение породы в процессе залечивания большого числа микродефектов и локализации деформации вдоль готовящегося макроразрыва. Образцы разрушались одной третиной под углом 35 - 40° к оси σ_1 .

В опытах на насыщенных образцах отсутствует бухтообразное увеличение V_p перед разрушением. Разрушение происходило под углом 20 - 35° к оси σ_1 одновременно по нескольким плоскостям. Это указывает на то, что на заключительной стадии часть микродефектов не успевает залечиться, а быстрая локализация деформации вдоль некоторых из них (под действием P_i) приводит к раздроблению породы.

Наличие порового давления ($P_i = P_n$) в насыщенных образцах снижает предел прочности в 2 - 3 раза.

И. Мячкин В.И. Процессы подготовки землетрясений. - М.: "Наука", 1979, - 232 с.

РАЗРЫВ СПЛОШНОСТИ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД В ЭПИЦЕНТРАЛЬНЫХ ЗОНАХ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Минасян А.В., ИГИС АН Арм. ССР, Ленинакан

Описание механического поведения горных пород при образовании разрушений в эпицентральных зонах сильных землетрясений чрезвычайно сложно ввиду хаотического характера сейсмического воздействия.

Рассматривались колебания горных пород объемом V , ограниченного поверхностью S . Уравнение колебания получено на основе принципа сохранения количества движения среды. Из уравнения колебания получено выражение баланса энер-

гии. Рассмотрено 2 случая: в первом случае причиной повреждаемости является образование сейсмоволны сильного разрыва, когда в граничных условиях развитие ударной волны (волны сильного разрыва) не происходит, во втором случае - на границе среды имеется внешняя ударная волна.

Согласно В.Новацкому (1978 г.) в переходном процессе при образовании ударной волны возникает скачок тензора напряжений σ_{ij} и первых производных перемещений U_i . Таким образом, вариации параметров горных пород представлены в виде $\delta\sigma_{ij} = \sigma_{ij}^* - \sigma_{ij}$, $\delta U_i = U_i^* - U_i$, где σ_{ij}^* , U_i^* - соответственно тензор напряжений и первых производных смещений в конце переходного процесса, $\delta\sigma_{ij}$, δU_i - скачки тензора напряжений и скорости, n_j - направляющие хорды.

При определении изменения параметров состояния пород составляется уравнение баланса энергии в конце переходного режима. Отклонение от этих состояний бесконечно малы и переход можно считать мгновенным, а первая производная скорости движения пород непрерывна. Учитывая, что скачок тензора напряжений приводит к изменению первой производной перемещений, составлено уравнение баланса энергии в переходном режиме. При произвольности размера области горных пород получено изменение кинематических параметров движения горных пород при образовании разрывов по данным тензора напряжений для текущего и предельного состояния отклонения частиц горных пород.

СВЕРХПЛАСТИЧЕСКОЕ ТЕЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА ВНУТРИ РАЗЛОМА

Николаевский В.Н., Лившиц Л.Д., ИФЗ АН СССР,
Москва

Гарагаш И.А., Институт Сейсмологии АН Каз. ССР,
Алма - Ата

Жорин В.А., Институт Химической Физики АН СССР

Возможное состояние твердого заполнителя в глубинных разломах земной коры обсуждается с позиций механики сплошной среды. Обнаруженные в экспериментах авторов особенности

локальной деформации сдвига, возникающие при кручении тонких дисков под высоким давлением в наковальнях Бриджмена, сопоставляются с предлагаемым решением близкой задачи в терминах теории пластичности, известными из литературы результатами реологических модельных экспериментов и деформационными структурами горных пород.

Результаты эксперимента и анализа показывают, что под высоким давлением при сдвиге в естественных условиях возможно возникновение ячеистых структур, локализации деформации в ячейках, зонах сдвига, содержащих ячейки, и катакластического течения в этих зонах, в котором участвует ротация зерен или ячеек. Такое течение аналогично сверхпластической деформации. В заключение рассматривается модель земной коры, в которой сейсмические границы связаны со сменой реологии геоматериала.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНАЯ РЕЛАКСАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЙ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Новик Г.Я., Морозов В.Н., Христолюбов В.Д.,
Богомоллов А.Б., МГИ, Москва

Экспериментально исследована релаксация напряжений в горных породах типа мрамора и песчаника в диапазоне температур до 1100 К (использована высокотемпературная камера испытательной машины УМЭ - 10 М). Эти эксперименты выполнены с целью проверки соответствия физических моделей процессов деформирования горных пород как макронеоднородных зернистых сред в условиях высоких температур. Полученные результаты указывают на сильную зависимость скорости релаксации напряжений в испытанных горных породах от температуры. Рассмотрены два механизма релаксации напряжений: первый, - связанный с пространственной переориентацией зерен в песчанике, второй, - с превалирующим внутренним вращением в зернах кальцита в образцах мрамора. Получены зависимости времени релаксации от температуры и выполнены оценки вязкости межзерновых границ в моделях поликристаллических горных пород.

С ростом температуры изменяется механизм объемной деструкции, в частности, в образцах мрамора при температуре, превышающей 800 К, релаксация напряжений связана с разрушением межзерновых связей и явно выраженной делатансией. Причем, формирование магистральных трещин в этих условиях сопровождается интенсивным межзерновым разрыхлением зон, непосредственно прилегающих к поверхностям трещин и ускоряющих процесс релаксации действующих напряжений.

Практическая ориентация полученных результатов связана с некоторыми геофизическими приложениями и расчетами процессов ползучести массивов горных пород в процессах подземной газификации углей при температурах, превышающих 1000 К.

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД И УГЛЕЙ ПРИ ВСЕСТОРОННЕМ СЖАТИИ

Норель Б.К. ИГД, Москва

Изучались механические свойства углей и горных пород при всестороннем сжатии. Произведены исследования на установках трехосного неравнокомпонентного сжатия, в которых нагружение по всем трем осям осуществлялось автономно.

Составлены специальные программы механических испытаний при различных видах объемных напряженных состояний, включая обобщенное сжатие ($\mathcal{N} = I$), обобщенное растяжение ($\mathcal{N} = -I$) и обобщенный сдвиг ($\mathcal{N} = 0$), где $\mathcal{N} = (2\sigma_1\sigma_2 - \sigma_3^2)/4\sigma_3$ — параметр Надаи — Лоде. Во время экспериментов образцы кубической формы равномерно нагружались по всем трем осям до напряжения σ_0 (начальное обжатие), затем по каждой из трех осей напряжения повышались при условии фиксирования величины параметра Надаи — Лоде и равенства минимального сжимающего напряжения величине σ_0 . При обработке результатов за представительные диаграммы механических свойств принимались среднее напряжение — средняя деформация и октаэдрическое напряжение — октаэдрическая деформация.

Испытания показали, что механические свойства образцов углей и горных пород различны при различных значениях $\mathcal{N}$ и σ_0 . Характер разрушения образцов (сдвигом или отрывом) со-

ответствует виду объемного напряженного состояния (обобщенного сдвига или обобщенного растяжения). Получены зависимости механических показателей (объемного модуля и модуля сдвига) от параметров λ_0 и ϵ_0 . Разработан энергетический критерий прочности горных пород и углей, учитывающий различие в разрушении при обобщенном сжатии, обобщенном растяжении и обобщенном сдвиге при различном всестороннем сжатии.

К ИЗУЧЕНИЮ ДЕФОРМАЦИОННО - ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ НАПРЯЖЕННО - ДЕФОРМИРУЕМОГО МАС- СИВА ПРИ ВЗРЫВНОЙ НАГРУЗКЕ

Петросян М.И., Армипроцветмет, Ереван

В исходном состоянии массив нарушен трещинами. В этих условиях напряжение от взрыва является параметрически заданной функцией двух переменных - прочности материала R_{np} и величины раздвижения берегов трещины b . Эта функциональная зависимость, при граничных условиях $0,7 \leq R_{np} \leq 6,5 \text{ МПа}$ и $0 \leq b \leq 15 \text{ мм}$ имеет вид:

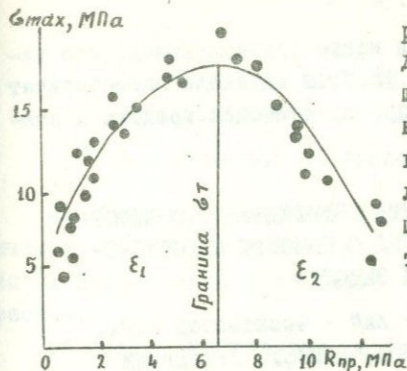
$$\sigma_{max} = 7,48 R_{np} - 0,0816 R_{np}^2 - (0,512 R_{np} - 0,0056 R_{np}^2) b.$$

Между σ_{max} и R_{np} существует взаимосвязь

$$\sigma_{max} = 51,15 + 3,87 R_{np} - 0,03 R_{np}^2$$

Если связывать средние деформации с моментом достижения наибольшей величины σ_{max} (рис.), то обнаруживаются две закономерности: для деформации ϵ_1 , соответствующих левой ветви диаграммы, наблюдается увеличение σ_{max} , а для деформации ϵ_2 в правой ветви, происходит уменьшение его с ростом R_{np} .

Граница ϵ_1 является одной из важных особенностей пород и бетона, которая определяет их деформационно - прочностные свойства. Физическая сущность ϵ_2 состоит в проявлении необратимых процессов микроразрушения, которые по мере увеличения σ_{max} перерастают в макроразрушения. При относительно высокой прочности материала процесс разрушения на последних стадиях протекает с большой скоростью и поэтому разрушение наступает после максимума диаграммы. Для мате-



риалов малой прочности на низко-
дущей ветви могут быть получены боль-
шие деформации. К настоящему времени
накоплен значительный опыт исследо-
ваний в данной области и установ-
лены факты, которые позволяют ре-
шить проблему рудоподготовки, а
также геолого- геофизические задачи.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПОДВИЖКИ В КОМПОНЕНТНЫХ ОБРАЗЦАХ ПРИ ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ

Соболев Г.А., Асатрян Х.О., Андреев В.О.,
Стаховская З.И., Кольцов А.В.

ИФЗ АН СССР, Москва
ИГН АН Арм.ССР, Ереван

Целью работы является исследование разрушения образцов с ослабленной зоной из материала, испытывающего в ходе эксперимента фазовый переход. Каждый образец представляет собой прямоугольную призму из органического стекла ($4,6 \times 4,6 \times 3,6$ см³) с вклеенной по диагонали пластиной из спрессованного порошка сегнетовой соли толщиной 0,35 см. Опыты проводились в условиях двухосновного сжатия. Экспериментально определены соотношения вертикального (разрушающего) и горизонтального напряжения, позволяющие получать разрушение и динамическое скольжение с трением внутри пластины сегнетовой соли.

Во время эксперимента горизонтальное напряжение поддерживалось на постоянном уровне ($\sigma_2 = 3,5$ МПа), а вертикальное доводилось до уровня на 10 % меньше разрушающего для значения σ_2 . Затем осуществлялось равномерное повышение температуры внутри образца, начиная с $T \approx 20^\circ\text{C}$. Первая подвижка по ослабленной зоне происходила при температуре, близкой к температуре фазового перехода сегнетовой соли ($T \approx 26^\circ\text{C}$). Фазовый переход регистрировался с помощью созданного автомата прибора, измеряющего относительные изменения диэлектрической проницаемости пластины сегнетоэлектрика.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что изменение свойств материала при фазовом переходе способствует возникновению динамически распространяющейся трещины и проявлению эффекта "Stick-slip".

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ЗАПРЕДЕЛЬНОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД С ПОМОЩЬЮ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Ставрогин А.Н., Зарецкий - Феоктистов Г.Г.,
Танов Г.Н. ВНИИ, ЛГИ, ЛВВИСУ, Ленинград

Приведены результаты экспериментальных исследований акустической эмиссии (АЭ) при предельном деформировании образцов горных пород в условиях сложного напряженного состояния вида $\epsilon_1 > \epsilon_2 = \epsilon_3$. Исследовались образцы белого мрамора, каменной соли и магнезитовой керамики. Показано, что характер АЭ существенно зависит от структуры материала и соотношения осевых и боковых нагрузок на образец.

Обнаружен факт локализации максимума интенсивности АЭ ($\bar{N}_{max}$) в узкой области осевых деформаций, причем положение этой области практически не зависит от бокового давления и соответствует зоне перехода от максимального уплотнения материала к его объемному разрыхлению.

Показано, что область максимальной интенсивности АЭ тесно связана с образованием трещин отрыва. Область минимальной интенсивности АЭ после перехода через пик $\bar{N}_{max}$ соответствует сдвиговому механизму деформирования.

Проанализирована зависимость $\bar{N}_{max} = f(\epsilon_2)$. Показано, что для пластически деформирующихся материалов логарифм максимальной интенсивности АЭ линейно падает с ростом ϵ_2 .

Полученные результаты качественно объяснены с позиций статической теории прочности, изложенной в [1].

Проведенные исследования позволяют уточнить механизм предельного деформирования пород, а также прогнозировать момент перехода образца в предельное состояние.

1. Ставрогин А.Н. Исследование предельных состояний и деформаций горных пород. - Изв. АН СССР. Физика Земли, 1969, № 12.

ОБМЕН ЭНЕРГИЕЙ МЕЖДУ НАГРУЖАЮЩЕЙ СИСТЕМОЙ
И РАЗРУШАЕМЫМ МАТЕРИАЛОМ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ
НЕУПРАВЛЯЕМОМ ПРОЦЕССЕ РАЗРУШЕНИЯ

Ставрогин А.Н., Тарасов Б.Г., ВНИИ, Ленинград

Исследовано влияние жесткости нагружающей системы и количества запасенной в ней энергии на характер разрушения образцов горных пород и на баланс энергии процесса хрупкого разрушения.

Образец - нагружающая система интерпретируются как упрощенная механическая модель, формирующая горные удары, землетрясения.

1. Выявлено два класса пород по способности их необратимо поглощать работу деформации за пределом прочности при неуправляемом режиме деформирования, происходящем за счет упругой энергии нагружающей системы:

а) породы первого класса показали возрастание энергоемкости по сравнению со статическим режимом испытания на жестком прессе,

б) породы второго класса - наоборот : показали снижение энергоемкости по сравнению со статическим режимом испытания.

2. Упругая энергия, накопленная в образце и в нагружающей системе перед началом неуправляемого разрушения распределяется следующим образом:

а) упругая энергия P_y , сосредоточенная в образце, полностью расходуется на деформацию и разрушение образца,

б) упругая энергия нагружающей системы P_n расходуется на работу запределной деформации $P_3^{дин}$, на работу разлета осколков P_p и на энергию P_k колебательных движений (аналог сейсмической энергии) нагружающей системы,

в) отношение работы разлета P_p к энергии колебательных движений P_k равно отношению массы разрушенного материала m_p к колеблющейся массе нагружающей системы m_n .

3. Скорость разлета осколков равна максимальной скорости движения массы нагружающей системы m_n , кинетическая энергия которой равна P_k .

4. Средняя скорость относительной деформации $\xi_{иср}$ при

состоянием значения Π_H для пород с различными величинами $\Pi_{\text{дин}}$ имеет максимальное значение при условии $\Pi_{\text{дин}} = \frac{1}{2} \Pi_H$.

ПОЛЯ ПЛОСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ПОВЕРХНОСТИ
ОБРАЗЦОВ ГОРНЫХ ПОРОД И МОДЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ РАЗРУШЕНИЯ

Стаховский И.Р., ИФЗ АН СССР, Москва

В рамках программы по крупномасштабному моделированию предвестников землетрясений, руководимой Г.А. Соболевым, на 50000 - тонном прессе ИФВД АН СССР подвергаются разрушению крупные - объемом до 1 м^3 - образцы горных пород и бетона. Поля поверхностных деформаций этих образцов под нагрузкой измеряются с помощью методики 100 - канального тензометрирования. Тензодатчики базой 50 мм расклеиваются на поверхности образцов в виде системы наблюдения, аналогичной натурным геодезическим сетям. В экспериментах используется цифровая измерительная аппаратура с быстродействием коммутатора 1 сек/канал. Результаты измерений обрабатываются и анализируются на ЭВМ ЕС с помощью программного обеспечения, реализованного на языке ПД/1.

Эксперименты показали, что подготовка как поверхностного, так и внутреннего разрушения породы предварялась характерными изменениями в поле поверхностных деформаций, которые могут быть интерпретируемы как предвестники разрушения. В экспериментах непосредственно наблюдался рост дилатантных деформаций вдоль трассы разрыва и восстановление деформаций в стороне от разрыва. Полученные результаты могут быть использованы для контроля поведения горной породы под нагрузкой и прогноза ее разрушения.

ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА КВАРЦЕСОДЕРЖАЩИХ ПОРОД ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ α - β ПЕРЕХОДА В КВАРЦЕ

Томашевская И.С., Калинин В.А., ИФЗ АН СССР, Москва

Экспериментами многих исследователей установлено, что

твердые тела при фазовых переходах проявляют аномальные физические свойства. В частности, кристаллы при переходе становятся более пластичными и менее прочными. Одним из распространенных минералов, входящих в состав горных пород, является кварц, который при температуре $560 - 600^{\circ}\text{C}$ испытывает α - β превращение. Такие температуры достигаются в земной коре, и особенности деформационно-прочностных свойств кварца на соответствующих глубинах могут оказаться причиной ряда происходящих в коре процессов.

В работе исследовано влияние фазового перехода в одном из образующих горную породу минералов на деформационно-прочностные свойства породы в целом. В качестве минерала, испытывающего фазовый переход, выбран кварц. Исследовались породы с различным его содержанием (кварцит, гранит, измененное габбро) и безкварцевая порода - пироксенит.

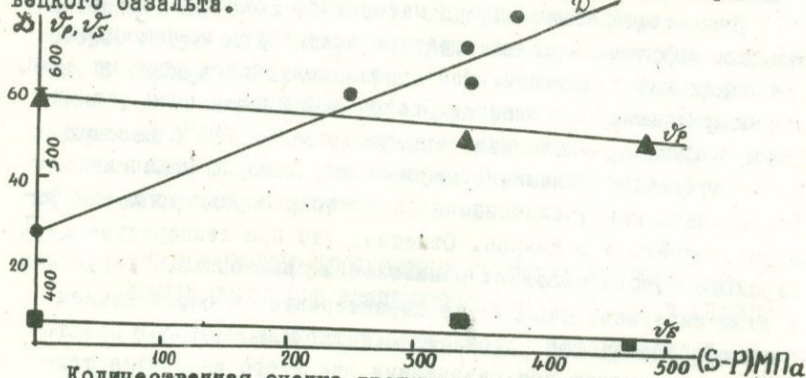
Проведены три серии опытов на одноосное сжатие при температурах от 17 до 720°C : определялись изотермические зависимости напряжение - деформация и характер разрушения, измерялась зависимость длины образца от температуры при постоянной нагрузке, на модели исследовалось поведение инородного включения в разогреваемом горном массиве.

Для несодержащих кварц материалов зависимости напряжений и деформаций от температуры получились монотонными, без каких либо аномалий. Для пород, содержащих этот минерал, при напряжениях, превышающих некоторый предел (для разных пород - разный) в области температур $560 - 600^{\circ}\text{C}$ наблюдалось аномальное изменение деформаций, которое можно интерпретировать как увеличение пластичности породы во время фазового перехода в кварце. Отметим, что при температуре α - β перехода породы обладают минимальной прочностью. Разрушение в этом интервале температур характеризуется образованием большого количества дробленого материала, который практически отсутствует при разрушении вне этого интервала температур.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И ДЕФОРМАЦИИ МАГМАТИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД, ИСПЫТАННЫХ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ

Тонкова Э.А., Чернышев В.Ф., Борунова Е.Д.
ИГЕМ АН СССР, Москва

Горные породы - липариты, граносиенит - порфиры, гранодиориты, базальты исследованы при высоких P и T с одновременным приложением одноосного сжатия S . Некоторые образцы доведены до разрушения. Максимальные значения параметров $P = 215$ МПа, $T = 465^\circ$, $S = 720$ МПа. Установлено, что для горных пород, имеющих основную массу и вкрапленники, необратимые деформации первоначально проявляются в увеличении количества трещин спайности во вкрапленниках. Удельная трещиноватость их растет с увеличением $S - P$. Магистральные секущие в основной массе развиваются при нагрузках $(0,95 - 0,98) S_{пред}$. Скорости упругих волн $\dot{v}_P$ и $\dot{v}_S$ после снятия нагрузки (P и S) и остывания образцов до комнатной температуры меняются в пределах $-5\% - +3\%$. На рис. показано изменение трещиноватости $D = \frac{\sum N}{\sum d}$, (где N - число трещин в зерне плагиоклаза, а d - площадь зерна), $\dot{v}_P$ и $\dot{v}_S$ для образцов Берестовецкого базальта.



Количественная оценка трещиноватости вкрапленников* дает возможность оценить напряжения, которые выдержала порода и реконструировать условия формирования магматических горных пород.

НЕЛИНЕЙНО-НАСЛЕДСТВЕННОЕ ОПИСАНИЕ ДЕФОРМАЦИИ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ СОВМЕСТНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ВСЕСТОРОННЕГО ДАВЛЕНИЯ И ОДНОСТОРОННЕГО СЖАТИЯ

Хамидуллин Н.Н., Институт геологии БФАН СССР,
Уфа

Предлагается по двум или большему числу диаграмм дифференциальное напряжение - деформация вычислять предельные кривые мгновенного и бесконечно медленного деформирования для разных всесторонних давлений. Этими кривыми в направлении одностороннего сжатия на плоскости напряжение - деформация ограничивается область допустимых напряженно-деформированных состояний горной породы. В основу методики расчета предельных кривых положено определяющее интегральное уравнение Ю.Н. Работнова для нелинейно - наследственной среды.

Наследственный анализ при высоких давлениях позволил установить, что эффузивные породы при боковых давлениях от 80 МПа до 600 МПа переходят в напряженно-деформированное состояние с затухающей для накопления памятью. Интрузивные породы в это же состояние переходят также при 80 МПа. Однако обратный переход в напряженно-деформированное состояние с затухающей для накопления памятью наступает при больших значениях всесторонних давлений. Установлено, что одновременное увеличение энергии возврата /высокие значения модулей упругости/ и скорости деформации горной породы является характерным признаком напряженно-деформированного состояния с затухающей для накопления памятью.

Исследования выполнены под руководством профессора М.П. Воляровича, которому автор приносит искреннюю признательность за помощь в работе.

О СВЯЗИ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРИСТАЛЛА СО СПЕКТРАМИ АКУСТИЧЕСКОГО И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ РАЗРУШЕНИИ

Хатиашвили Н.Г., Челидзе З.Т., Институт геофизики
АН ГССР, Тбилиси

Показано экспериментально и теоретически [1,2], что

прохождение упругой волны через кристалл, содержащий заряженные дислокации, сопровождается электромагнитным излучением (ЭМИ) на частоте акустического сигнала (переизлучением). Связь между спектрами ЭМИ и АЭ (акустической эмиссии) при сколе щелочно - галогидных кристаллов (ЩГК) рассматривалась в [3] .

Дана попытка раскрыть связь этих явлений и физические механизмы процессов. Проведены исследования на ЩГК. Для проходящей через кристалл акустической волны разной частоты при постоянной амплитуде подаваемого сигнала строилась амплитудно - частотная характеристика (АЧХ) в диапазоне частот от сотен Гц до 100 кГц, для разного напряженного состояния, вплоть до разрушения. Оказалось , что каждому участку кривой напряжение - деформация - упругой и пластической зонам, а также зонам упрочнения соответствует присущая этой зоне АЧХ ЭМИ и АЭ, откуда можно заключить, что характер спектров АЭ и ЭМИ определяется дислокационной картиной кристалла. Как известно, в ЩГК после отжига в упругой зоне число дислокаций минимально, в пластической происходит размножение и скольжение их в одной из плоскостей скольжения (при определенной геометрии кристалла), а в зоне упрочнения возможно движение дислокаций в разных плоскостях, что создает дислокационную "сетку", упрочняющую кристалл. Выдержка во времени под нагрузкой (10 - 20 часов) приводит к изменению АЧХ, что также свидетельствует о несомненной роли дислокаций "свежих", "старых" и их плотности при формировании АЧХ кристалла. Тождественность спектров ЭМИ и АЭ при сколе кристалла с АЧХ упругой и переизлученной электромагнитной волны для того же кристалла представляется очень важным для корректной интерпретации динамических предвестниковых явлений.

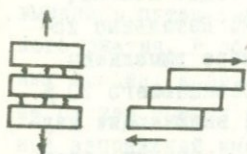
1. Хатиашвили Н.Г. Письма в ЖЭТФ, 1981, 7, 18, 1128.
2. Хатиашвили Н.Г., Перельман М.Е. ДАН СССР, 1982, 263, 4, 839.
3. Хатиашвили Н.Г. Изв. АН ГССР, Физика Земли, 1984, 4, 13.

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ УПРУГО - ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Чанышев А.И., ИГД СО АН СССР, Новосибирск

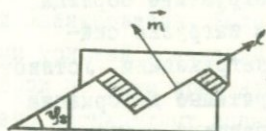
Предлагается модель упругого и упруго-пластического деформирования горных пород. На основе данных экспериментов Ставрогина А.Н. построена единая кривая для мрамора, каменной соли.

В основе модели существенно используется представление о внутреннем трении в элементе среды. Если представить элемент среды, состоящим из блоков, грани которых параллельны октаэдрическим площадкам (представление о блочной структуре элемента среды согласуется с наблюдаемыми линиями Чернова-Людерса), то согласно уравнениям классических теорий - обычного закона Гука и деформационной теории пластичности Генки - Надаи - Ильющина полная деформация элемента среды при нагружении складывается из двух независимых видов деформации - удлинения и сдвига блоков



(рис.1). Грани блоков являются здесь гладкими поверхностями. Если предположить, что они являются шероховатыми поверхностями, и считать, что процесс

скольжения происходит по плоскостям, составляющими угол с октаэдрическими площадками, по схеме на рис. 2 (в направлении $\vec{m}$ происходит деформация удлинения, в направлении $\vec{l}$ - сдвиг), то после несложных рассуждений можно получить следующие уравнения, описывающие деформацию горных пород:



$$I: \varepsilon_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{3K} \quad (K = \text{const}) \quad \text{при} \quad \tau \cos \varphi_* + \sigma \sin \varphi_* \leq 0$$

$$II: \begin{cases} \varepsilon_{ij} = (a_{11} + a_{12} \frac{\sigma}{\sigma_c}) \sigma_{ij} \\ \varepsilon = a_{12} \tau + a_{22} \sigma \end{cases} \quad \text{при} \quad \tau \cos \varphi_* + \sigma \sin \varphi_* \geq 0$$

$$III: \varepsilon_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{2\sigma_c}, \quad \int_c^{\sigma} \sigma_c(\sigma) \quad \text{при} \quad \sigma \cos \varphi_* - \tau \sin \varphi_* > 0$$

здесь σ - среднее напряжение, τ - октаэдрическое напряжение, ϵ - средняя деформация, $\epsilon_{ij}, \sigma_{ij}$ - компоненты девиаторов деформаций и напряжений, коэффициенты a_{ij} определяются через характеристики материала $3K$, $2\beta_c$, γ_* (γ_* - угол внутреннего трения) по формулам:

$$a_{11} = \frac{\cos^2 \gamma_*}{2\beta_c} + \frac{\sin^2 \gamma_*}{3K}, \quad a_{22} = \frac{\sin \gamma_* \cos \gamma_* (1 - 1)}{2\beta_c \cdot 3K}, \quad a_{22} = \frac{\cos \gamma_*}{3K} + \frac{\sin^2 \gamma_*}{2\beta_c}$$

ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ДЕФОРМИРОВАНИЯ МРАМОРА В УСЛОВИЯХ ЦИКЛИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ И ВЫ- СОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Чернышев В.Ф., Галамов А.Л., Тонкова Э.А.,
Борунова Е.Д., ИГЕМ-АН СССР, Москва
Морозов В.Н., Христолюбов В.Д., МГИ, Москва

Изучение механизма деформирования горных пород в условиях высоких температур связано с необходимостью решения ряда геологических и горнотехнологических задач поиска, разведки и разработки рудных месторождений. Детальные исследования деформационных процессов в мраморе выполнены для условий циклического нагружения, не превышающего 70 % разрушающей нагрузки и температуре 673° К, включающие изучение структурных изменений в зернах CaCO_3 , упругих, плотностных свойств и прочности образцов. Образец до нагружения нагревался до 673° К в течении двух часов. Во время единичного цикла максимальное одноосное нагружение образца достигалось в течении трех минут, затем нагрузка снималась. Образцы подвергались 80 - 100 нагружениям. Установлено, что в условиях эксперимента необратимые деформации связаны с превалирующим развитием внутреннего вращения в зернах кальцита, с образованием в нем двойниковых пластинок и трещин спайности и частичной переориентацией зерен. Механизм сбросов и сдвигов в зернах, активируемый высокой температурой, приводит к увеличению пластической деформированности природного тектонита мрамора на 30 %, сопровождающейся изменением физико - механических свойств породы: плотность уменьшается с 2700 кг/м³ до 2670 кг/м³, эффектив-

ная пористость увеличивается пятикратно. Значительно уменьшаются прочность (с 76 до 39 МПа), модули упругости, скорости упругих волн, меняется значение коэффициента Пуассона.

Количественная оценка нарушенности верен кальцита, выполненная с применением ЭВМ, дает возможность разработки физической модели процесса деформирования среды адекватной образцам мрамора и другим кристаллически - зернистым карбонатным породам.

ДЕФОРМИРОВАНИЕ ТРЕЩИНОВАТЫХ ГОРНЫХ ПОРОД В УСЛОВИЯХ ТРЕХОСНОГО СЖАТИЯ

Чирков С.Е., ИГД, Москва

Изучение деформирования выполнялось в лабораторных условиях на образцах семи типов горных пород: меломергеле, песчанике, мергеле, известняке, мраморе, алевролите и габбро. Их прочность изменялась от 1,4 до 178 МПа. Испытывались как монолитные так и образцы с трещинами. Трещины образовывались путем направленного раскалывания в условиях плоского сжатия. В образцах наносилось две системы параллельных трещин, количество которых достигало семи. Углы наклона систем трещин к осям промежуточного и минимального главных напряжений имели значения: 0,15,30,45,60,75 и 90°. Минимальное главное напряжение изменялось от 0 до 35 МПа, а промежуточное от минимального до максимального. Для сокращения числа опытов применялась методика рационального их планирования. Было выполнено 147 опытов с 49 сочетаниями условий испытаний. Получено 735 кривых деформирования пород по всем трем направлениям главных напряжений. Результаты пятикратных испытаний при одинаковых условиях усреднялись. Усредненные кривые подвергались дальнейшей обработке. Пока выполнен лишь предварительный анализ большого экспериментального материала. Кривые деформирования вдоль оси максимальных сжимающих напряжений спрямлялись и на этом участке, как и при одноосном сжатии, определялся модуль пропорциональности. Обработка экспериментальных данных позволила установить зависимость модуля деформации от

прочности горных пород в монолитных образцах, отношения главных напряжений, минимального по величине сжимающего главного напряжения, числа трещин, направленных вдоль осей двух главных напряжений, углов наклона трещин к двум осям главных напряжений и от контактных условий.

ПРОНИЦАЕМОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ И ДАВЛЕНИЯХ

Имонов В.М., Витовтова В.М. Институт
экспериментальной минералогии АН СССР, Черного-
ловка

Померены объемные потоки газа и рассчитаны проницаемости интрузивных и осадочных пород при эффективных давлениях до 200 МПа в температурном интервале 300 – 850 К.

Проницаемость известняков, туфоялевролитов, песчаников и доломитов с повышением температуры падает, а при $T = 500 - 600$ К породы становятся непроницаемыми при давлениях выше 50 МПа.

Проницаемость крупнозернистых мраморов при нагревании до 850 К возрастает в 5 – 10 раз во всем изученном интервале давлений.

Граниты, гранодиориты, диориты и плагиогранитпорфировые дайки обнаруживают возрастание проницаемости в 50 – 100 раз при повышении температуры от 300 до 850 К при давлениях до 50 МПа, при $P = 50 - 150$ МПа в интервале температур 300 – 500 К проницаемость остается постоянной или снижается, а затем повышается при возрастании температуры до 850 К. При давлениях выше 150 МПа граниты и гранодиориты непроницаемы при температурах от 300 до 500 К, диориты и дайки имеют проницаемость $10^{-8} - 10^{-10}$ дарси.

При постоянной температуре повышение всестороннего давления на каркас породы всегда приводит к уменьшению проницаемости.

МЕХАНИЗМЫ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ПОЛИМИКТОВЫХ ПЕСЧАНИКОВ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ

Брель Г.Н., ИГиРГИ, МНП и АН СССР, Москва

Исследовано деформационное поведение песчаников при неравномерном объемно - напряженном состоянии. Опыты проводились на "жесткой" установке в лаборатории динамической прочности во ВНИИ. Условия эксперимента - осевое сжатие при различных уровнях гидростатического давления (5, 10, 25 и 50 МПа) при фильтрации газа (азота) в 2,5 МПа.

Испытывались полевошпатово - кварцевые песчаники с примесью обломков пород и аллотигенных слюд, отличающиеся друг от друга составом, количеством и типом цемента. I разновидность имела глинистый цемент (15 - 25 %) порового, контактово - порового типа, II - карбонатный (кальцитовый) (30 - 50 %) базального типа.

На основании микроструктурного анализа выявлены механизмы остаточных деформаций вышеперечисленных пород.

Остаточная деформация I разновидности сопровождается переориентировкой глинистых минералов цемента за счет поворота, а иногда изгиба отдельных пластинок слюд. Переориентировка способствует образованию и росту межзерновых трещин, их раскрытию и разрыву, в результате чего порода разуплотняется, объем пустотного пространства (ξ_v , %) и трещинная проницаемость увеличиваются (соответственно на 1,0 - 3,7 % и $K_T = 6,4$ мД вместо 1,0) .

Остаточная деформация II разновидности начинается с двойникования кристаллов кальцита цемента и развития вдоль двойниковых швов внутрикристаллических трещин, которые разуплотняют породу ($\xi_v = 0,4 - 2,5$ %) и способствуют медленному росту емкостных и фильтрационных возможностей. Дальнейший рост и раскрытие внутрикристаллических трещин приводит к развитию межзерновых трещин, которые увеличивают трещинную проницаемость на два порядка по сравнению с исходной ($K_{T \text{ иск}} = 0,01$ мД, $K_{T \text{ деф}} = 4,2$ мД) .

Таким образом, разные механизмы деформационных преобразований приводят к различному изменению проницаемости.

Разница в изменении проницаемости при деформировании способствует значительной дегазации песчаников II разновидности и не обеспечивает полную дегазацию песчаника I разновидности, в результате чего он может стать выбросоопасным.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СТАТИЧЕСКОГО НАГРУЖЕ- НИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДИСПЕРСНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Акопян О.К., ЕрПИ, Ереван

Хатиашвили Н.Г., Институт Геофизики АН ГССР,
Тбилиси

Любая деформация в гетерогенных системах связана с электрическими процессами, которые оказывают определенное влияние на границу раздела фаз электролита с твердой средой. Настоящая работа ставит своей целью: изучить электрические эффекты, вызванные деформациями при длительном статическом нагружении для ряда моно- и полидисперсных сред, изготовленных на основе модельных гетерофазных материалов. В качестве модельной системы была выбрана дисперсная система - порошки размелченных минералов и дисперсных горных пород с адсорбированным полярным веществом. Для выяснения механизма поляризации и электропроводности и связанных с ними реологических свойств измерены тангенс угла диэлектрических потерь, удельное электрическое сопротивление и диэлектрическая проницаемость. Были определены диапазон дисперсии $tg\delta$ и ϵ в области звуковых и радиочастот.

Анализ полученных результатов показал, что при длительном статическом нагружении происходит смещение макс $tg\delta$ по частоте, электропроводность системы со временем уменьшается по экспоненциальному закону, а диэлектрическая проницаемость испытывает дисперсию в основном в звуковом диапазоне частот.

КОРРЕЛЯЦИОННЫЕ СВЯЗИ МЕЖДУ АНИЗОТРОПИЕЙ
ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ И СКОРОСТИ ПРОДОЛЬНЫХ
ВОЛН МАГМАТИЧЕСКИХ ПОРОД АРМЕНИИ ПРИ ТЕМ-
ПЕРАТУРАХ ДО 1000°C

Акопян О.К., ЕрПИ, Ереван

Целью данного исследования является:

- выявление анизотропии электрических свойств образцов магматических пород типичных для территории Армении (для указанных пород были предварительно определены коэффициенты анизотропии скоростей упругих волн V_p).

- определение корреляционных связей между анизотропией электросопротивления ρ и скорости продольных волн.

Результаты экспериментальных данных показывают, что зависимости ρ и диэлектрической проницаемости ϵ от температуры в трех взаимноперпендикулярных направлениях характеризуются значительной анизотропией этих величин, в широком интервале температур, что проявляется в виде аномалий в ходе кривых $\lg \rho$ (I/T) и ϵ (I/T). Причем для гранитоидных пород в основном направлении с минимальным значением ρ наблюдается минимум V_p , связь же диэлектрической проницаемости с V_p для этого типа пород характеризуется обратной закономерностью. Для базальтов анизотропия ρ выявлена слабо и $\rho_{\max}$ не соответствует $V_{p\max}$. Для остальных пород $\rho_{\max}$ сочетается с минимальной величиной V_p .

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ МУСКОВИТОВ
ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Амирханов Х.И., Гусейнов А.А., Батырмурзаев А.С.,
Гаргацев И.О., Институт Физики Дагестанского
Филиала АН СССР, Махачкала

Исследована электропроводность различных мусковитов в интервале 100-1000°C. Для всех образцов на кривых $\lg \sigma = f(1/T)$ наблюдается область с аномальным изменением электропроводности в интервале 400-600°C, в котором значение $\lg \sigma$ проходит

через максимум и минимум. Природа этого явления еще не выяснена.

Проведенный анализ ДТА показал наличие в этом интервале экзотермического пика. Отсутствие аномального эффекта в биотитах и флогопитах позволяет исключить окисление железа, миграцию протонов и гидроксила — OH как причину аномального эффекта в мусковитах.

Установлена следующая закономерность: чем больше содержание железа в мусковите, тем меньше выражен аномальный эффект и тем выше проводимость при 1000°C . Облучение образцов электронами с энергией 1,3 МэВ заметно не меняет ни характер, ни положение аномального эффекта.

Для мусковитов характерно повышенное содержание алюминия, с которым, повидимому, связано аномальное поведение электропроводности. "Сдвоенные мусковитовые" [1] ионы алюминия, которые существуют в виде аморфной фазы Al_2O_3 , при нагревании в интервале $400-600^{\circ}\text{C}$ преобразуются в кристаллическую гидроокись $\text{Al}(\text{OH})_3$ [2]. Поэтому экзотермика может быть обусловлена упорядочением аморфизированного состояния. Ионы алюминия координируют вокруг себя кислородные ионы, вызывая тем самым аномальное уменьшение электропроводности.

1. Лапидес И.Л., Коваленко В.И., Коваль П.В. Слюда редкометалльных гранитоидов. — Новосибирск: Наука, 1977. — 104 с.

2. Петров Ю.И. Физика малых частиц. — М.: Наука, 1982. — 359 с.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД ОРОГЕННОЙ ОБЛАСТИ УЗБЕКИСТАНА ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРА- ТУРАХ

Бакиев Муз. Х., Институт сейсмологии АН
Уз. ССР, Ташкент

На гистограмме приведен диапазон электросопротивления (ρ) в зависимости от изменения температуры (T) для исследованных групп пород. Из нее видно, что всех породах с температурой, как обычно, ρ понижается. При этом осадочно-метаморфические (группа I) и интрузивные (группа IV) породы

имеют растянутый диапазон изменения электросопротивления для всех температур. Такое явление для указанных групп пород может быть объяснено их изменностью вторичными процессами. В результате в области сравнительно низких температур (до 600°C) сопротивление уменьшается относительно резко, т.е. до двух-трех порядков, а при дальнейшем повышении T незначительно. При максимальной температуре (800°C) величина электросопротивления примерно на четыре порядка меньше, чем ρ при 200°C для всех групп пород. Следует отметить, что увеличение в составе кварца приводит к повышению её ρ . Это

связано, в основном, с уменьшением в породе количества роговой обманки, обладающей пониженным сопротивлением по сравнению с кварцем. Присутствие минералов из групп плагиоклаза и слюды может также приводить к уменьшению электросопротивления горных пород. При T более 600°C влияние минерального состава на ρ пород незначительно.

Диапазон изменения от температуры для пород орогенной области



I - осадочно-метаморфические, II - карбонатные, III - порфировые и IV - интрузивные породы. а, б, в, г - 200, 400, 600 и 800°C соответственно.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРЕТНОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД, ВОЗНИКАЮЩЕГО ПРИ РАЗРУШЕНИИ

Балбачан М.Я., ИФЗ АН СССР, Москва

Обнаружено электретное состояние, возникающее при появлении отрывных трещин в образцах минералов и горных пород - диэлектриков. Эффект проявляется качественно одинаково.

вым образом с электретыным эффектом, возникающим при взаимном трении односоставных образцов. И в том, и в другом случае значения удельного эффективного заряда σ поверхности образцов находятся для разных минералов в интервале $10^{-13} \cdot 10^{-11}$ Кл/см², и для разных горных пород в интервале $10^{-13} \cdot 3 \times 10^{-12}$ Кл/см². При этом образец разрушался в результате изгиба по трехточечной схеме и имел надраз, благодаря которому достигалась концентрация разрушающих напряжений в заданном плоском слое. Толщина трущихся или образованных разрушением образцов составляла 1 см, влажность соответствовало выдерживанию при $W = 45\%$ и температуре 292°К. Величина σ в процессе нагружения до появления макротрещин не превышала 1 % результирующего. Увеличение размеров, температуры и уменьшение W приводило к увеличению σ . Временная зависимость σ имела тот же сложный характер, что и в случае трения и зависела от размеров, W , T , и прочих условий хранения образцов. Значения времени, при которых $\sigma = 0,1\sigma_0$, где σ_0 - значение через 30 с после электризации, составляли 5×10^5 и 5×10^6 с (и, возможно, больше) †. Всегда полный заряд разрушенного образца имел положительный знак и сложным образом релаксировал на протяжении сотен часов, оставаясь положительным. При этом отмечен обмен зарядами с окружающей средой. Для ряда горных пород проведены исследования релаксации эффекта при T от 290 до 700°К, прояснившие механизм и количественные характеристики эффекта.

Возникновение механоэлектретыного состояния в свою очередь приводило к изменению диэлектрической проницаемости, проводимости и иных свойств образцов.

+) При $T = 290^\circ \text{К}$.

ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД
КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Виноградов А.Н., Тиремнов В.А.

Геологический институт, КФАН СССР, Апатиты

Исследовались зависимости электропроводности от температуры горных пород архейского комплекса, развитого в северо-восточном обрамлении Печенгского синклинория. Изучались кристаллосланцы субфации роговообманковых гранулитов, кварциты гранулитовой фации метаморфизма, гнейсы мусковит - силлимонитовой субфации амфиболитовой фации метаморфизма. Для этих пород отмечено наличие на температурной кривой электропроводности двух или трех областей температур с характерными электрическими параметрами, которые обусловлены изменениями минерального состава образцов: дегидратацией гидрослюд и вторичных минералов типа каолинита и серпентинита, разложением пирофиллита и хлорита. В интервале высоких температур $650 - 800^{\circ}\text{C}$ в породах отмечаются селективные кварц - полевошпатовые выплавки, образующие сеть проводников в породе, приводящие к резкому увеличению проводимости. Отмечено, что в интервале $200 - 800^{\circ}\text{C}$ происходят необратимые изменения, обуславливающие более низкие значения проводимости породы после нагрева.

ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ (ПИФС-Ц)

Геворкян М.Г., Бадалян С.В.

ИГИС АН Арм.ССР, Ленинакан

При постановке задач разведочной геофизики немаловажное значение имеет изучение физических свойств горных пород и руд непосредственно в естественных условиях. Однако, такое изучение немного затруднено из-за отсутствия широкого круга специализированных приборов, позволяющих изучать те или иные физические параметры.

В связи с этим ИГИС - е АН Арм. ССР разработан универсальный прибор ПИФС-Ц (прибор по изучению физических свойств), который дает возможность измерить следующие параметры: удельное

электрическое сопротивление, диэлектрическую проницаемость, магнитную восприимчивость, угол диэлектрических потерь, плотность, влажность, температуру горных пород и руд в лабораторных, полевых и подземных условиях. Цифровой измеритель можно также использовать при измерении физических параметров в условиях высоких давлений и температур.

Измерительная часть прибора выполнена на базе цифрового измерителя, содержащего входное согласующее устройство, выходы которого подключены к следующим аналого-цифровым преобразованиям (АЦП), включающим в себя компараторы и цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП), а также коммутатор каналов и общий АЦП, к входам которого подключены выход коммутатора и цифровой сумматор. К входам последнего подключены выходы общего и следующих АЦП. Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) подключено к выходу сумматора, блок обработки сигналов, к выходу ОЗУ и блоку программного управления, управляющие выходы которого соединены с адресными и управляющими входами ОЗУ, а также входами управления АЦП, сумматора и блока обработки сигналов. Применяемая схема совмещает в себе достоинство компенсационного метода измерений и непосредственного отсчета.

Измерение разности потенциалов, силы тока, магнитной восприимчивости, диэлектрической проницаемости в широком диапазоне их значений обеспечивается установкой соответствующего предела измерения прибора.

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ГЛАУКОНИТОВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Гусейнов А.А. Институт физики Дагестанского
филиала АН СССР, Махачкала

При исследовании электропроводности глауконитов из осадочных пород до температуры 1000°C было обнаружено заметное уменьшение толщины образца ($\sim 20\%$) за счет сдавливания его между электродами.

Нами разработан графический метод определения температуры начала "усадки" образца и величины изменения его толщины во всем интервале температур, что дает возможность

вносить поправки в расчетные формулы для электропроводности.

Измерения проводились на установке, описанной нами в [1]. Процедура эксперимента состоит в измерении абсолютных удлинений системы штоков с электродами, между которыми зажат образец, в зависимости от температуры. Одновременно измеряется величина электросопротивления образца. Зависимость удлинения от температуры носит линейный характер. В точке начала "усадки" образца наблюдается излом и меняется угол наклона полученной кривой. Расстояние на графике между точками излома и конечной в опыте указывает на величину уменьшения толщины образца во всем интервале выше точки излома.

Сравнение графической поправки на уменьшение толщины образца с непосредственным измерением снятого после измерения образца дает совпадение с достаточной точностью.

И. Гусейнов А.А., Батырмурзаев А.С., Гаргацев И.О.
Установка для исследования температурной зависимости электрических свойств твердых диэлектриков. - Завод. лаб., 1983, № 6, с. 64 - 65.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННЕГО СТРОЕНИЯ И МИНЕРАЛЬНОГО СОСТАВА РУД ПО РАДИОИМПУЛЬСНОМУ ИЗУЧЕНИЮ В ЛАБОРАТОРИИ И ШАХТАХ С ПОМОЩЬЮ ВЗРЫВА

Демин В.М., Лось В.Ф., Носкевич В.В.
ИФЗ АН СССР, Москва

Описываются лабораторные исследования образцов горных пород при одновременном приложении к ним нескольких геофизических полей: механического нагружения образца вплоть до разрушения и поляризации электрическим полем/1/. Показано, что при этом за несколько десятых миллисекунд до момента разрушения в определенных условиях в образцах, состоящих из смеси минералов-полупроводников (полиметаллические руды) возникают радиоимпульсы, имеющие разную форму, спектральный состав и длительность в зависимости от строения горной породы и содержащихся в них минералов. Форма сигналов свидетельствует о сложном процессе, происходящим в горной породе при

подготовке ее разрушения, заключающемся во взаимодействии электромагнитного излучения с материалом образца, находящегося в напряженном состоянии.

В условиях действующих шахт установлена связь между составом полиметаллических рудных тел и параметрами радиопульсного излучения (ИРЭМИ), возникающего при действии на рудное тело упругой волны взрыва. В реальных условиях без скважинных и горных работ удается выделить рудные промышленные интервалы в массиве горных пород.

И. Демин В.М., Соболев Г.А., Лось В.Ф., Майбук З.-Д.Я.
ДАН СССР, т. 260, № 2, 1981, с. 306 - 309.

ЭЛЕКТРОПОВЕРХНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД И ИСКУССТВЕННЫХ ПОРИСТЫХ СРЕД В ГИДРОТЕРМАЛЬ- НЫХ УСЛОВИЯХ

Лакитанов Л.З., Иванова Л.И.

Институт экспериментальной минералогии АН СССР,
Черноголовка

Изучение электроповерхностных свойств горных пород представляет актуальную задачу физической геохимии, решение которой позволяет в значительной мере ответить на вопрос о роли электрокинетических явлений и влиянии силового поля двойного электрического слоя на равновесные и транспортные характеристики гидротермальных растворов в природных дисперсных системах.

Методом потенциала течения на принципиально новой установке получены температурные зависимости электрокинетического (ξ) потенциала для некоторых типов горных пород и искусственных пористых сред при температурах до 550 К. Для всех исследованных систем величина ξ - потенциала монотонно и во многих случаях практически линейно увеличивается с ростом T , причем наклон $d\xi/dT$ при высоких температурах приближается к теоретическому (по Нернсту).

Полученные экспериментальные данные позволяют оценивать величину концентрационной дифференциации компонентов гидротермальных флюидов при фильтрации, эффективные значе-

ния давления и вязкости, а также коэффициенты активности компонентов порового флюида, что имеет большое значение для оценки режима минералообразования и транспорта растворов в реальных гидротермальных системах.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ПОРОД
ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ (ДО 5,6 ГПа) И
ТЕМПЕРАТУРАХ (ДО 300°C)

Лебедев Т.С., Шепель С.И., Фабер И., Фройнд Д.
Институт геофизики АН УССР, Киев
ЦИФЗ АН ГДР, Потсдам

До сего времени известны лишь результаты отдельных опытов, позволяющих характеризовать барические зависимости электрического сопротивления (ρ) при давлении свыше 2,0 ГПа.

Новая серия опытов выполнена в лаборатории ЦИФЗ АН ГДР (Потсдам) на установке типа наковален Бриджмена. Были исследованы образцы пород Украинского щита (базальт, гранит и сиенит), Малого Кавказа (габбро, перидотит) и Рудных гор ГДР (эклогит, пироксенит и серпентинизированный пироксенит).

Установлено, что электрическое сопротивление большинства прсб с ростом давления до 2,0 - 4,0 ГПа в целом уменьшается. В одних случаях на 0,3 - 0,4 в других - лишь на 0,1 порядка (т.е. остается практически неизменным).

Изобары ρ (T 300°C) позволили также проследить изменения энергии активации (E_0) тонконисителей в зависимости от температуры и давления. Ниже 140 - 220°C преимущественно наблюдаются довольно небольшие значения E_0 (0,15 - 0,58 эв) по сравнению с областью более высоких температур (где E_0 составляет 0,53 - 0,73 эв). Для габбро установлено отчетливое (почти на 27 %) уменьшение энергии активации с ростом давления до 4,0 ГПа. В диапазоне 4,0 - 5,5 ГПа (зона температур от 140 - 220 до 300°C) она осталась почти такой же: Для гранита значения E_0 изменились незначительно. Сравнение температурных и барических зависимостей ρ , присущих глубинам свыше 50-60 км, показано, что P и T оказывают противоположное воздействие на изменение электрического сопротивления с глубиной. Интенсивность этого влияния также существенно от-

личина. Следует подчеркнуть, что температурные изменения намного превышают барические.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРАНИТОИДОВ МАЛОГО КАВКАЗА ПРИ ТЕМПЕРАТУРАХ ДО 1000°C

Мамедов А.Л., ЮВНИИГЕОФИЗИКА, Баку

Экспериментально изучены электрические свойства пород ряда гранит-диорит при температурах до 1000°C, представленных тремя разновидностями: гранодиоритами, диоритами и кварцевыми диоритами, отобранным из Кедабекского, Шамхорского и Дашкесанского интрузивных массивов Малого Кавказа.

Первые два типа пород хорошо дифференцируются по величине удельного электрического сопротивления (ρ) во всем диапазоне температур. Кварцевые диориты в этом плане занимают промежуточное положение. Установлено, что диориты и гранодиориты обнаруживают узкий диапазон значений ρ , обусловленный относительной стабильностью их минерального и химического состава.

Отличает эти породы различное содержание амфиболов, представленных роговой обманкой, рудных минералов и кварца. Максимальное содержание амфиболов в гранодиоритах достигает 8 - 10 %, а рудные практически отсутствуют. В диоритах же содержание указанных минералов, являющихся наиболее проводящими фазами, достигает соответственно 20-30 и 8-10 %. Таким образом, выявленная дифференциация пород по электрическим свойствам обусловлена особенностями их минерального состава.

Установлена также связь между вещественным составом и величиной энергии активации (E_0) и предэкспоненциального члена (ρ_0) в широком диапазоне температур. В частности, энергия активации большинства гранодиоритов в температурном диапазоне 300 - 900°C меняется от 0,99 - 1,35 эВ. Диориты в указанных температурных пределах обнаруживают более низкие значения E_0 , варьирующие в пределах 0,75 - 1,15 эВ. Это объясняется меньшими значениями E_0 роговой обманки при фиксированной температуре относительно минералов группы плагиоклаза, поле-

вых шпатов и кварца.

На основании проведенных исследований, сделан вывод о том, что гранодиориты и диориты могут быть выделены методами электроразведки в случае смежного залегания.

О ХАРАКТЕРЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ

Мкртчян С.А., Ленфилиал ЕрПИ, Ленинакан

Для карбоната кальция — CaCO_3 характерен полиморфизм. Наиболее часто в природе встречаются модификации CaCO_3 — кальцит и арагонит. Нами исследован электрическим методом полиморфизм монокристалла кальцита и поликристаллической его разновидности с включениями арагонита на установке описанной в работе [1]. Исследование электропроводности σ поликристаллического кальцита при атмосферном давлении в температурном поле показало, что в интервале температур 825–875° К σ имеет постоянное значение. В изобарическом режиме ($P = 0,5$ ГПа) аномальный участок σ поликристаллического кальцита наблюдается в интервале температур 675–725° К. Исследование характера изменения σ поликристаллического кальцита в изотермическом режиме показало, что в интервале температур от 475 до 675° К σ монотонно увеличивается с увеличением давления. При более высоких температурах на изотермах 725, 775° К в области давлений 0,3–0,4 ГПа наблюдается минимум σ , а при 835° К электропроводность уменьшается с ростом давления. Указанная закономерность у монокристаллического кальцита, но в менее виде. Проведенные рентгенографические исследования образцов после экспериментов показали, что исходная структура кальцитов для всех случаев нарушается.

Наблюдаемый сложный характер, зависимостей $\lg \sigma = f(1/T)$ и $\lg \sigma = f(P)$, по — видимому, связан с полиморфным превращением кальцит — арагонит.

В наших экспериментальных условиях при изучении твердофазовых превращений у геологических объектов нельзя ожидать резкого изменения электрических свойств по следующим причинам: а) в минералах при сравнительно низких термодинамичес-

ких параметрах наблюдается переход типа диэлектрик-диэлектрик, б) эти превращения не сопровождаются большим изменением объема.

И. Пархоменко Э.И., Бондаренко А.Т. Электропроводность горных пород при высоких давлениях и температурах. М., "Наука", 1972.

ТЕКТОНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕКСТУР КВАРЦ- СОДЕРЖАЩИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Никитин А.Н., Иванкина Т.И.,
Есаян А.Р. ТГПИ, Тула

Образование пьезоэлектрических текстур в горных породах, обнаруженных М.П. Воларовичем и Э.И. Пархоменко, связано с воздействием внешних факторов: вида напряженного состояния, тепловых и электрических полей, скорости деформирования. В работе сформулирована и теоретически решена задача определения главных компонент тектонических напряжений, воздействие которых приводит к образованию пьезоэлектрических текстур с типом симметрии $(2 \cdot m)$ Т, $(\infty \cdot m)$ Т, $(4 \cdot m)$ Т в кварцсодержащих мономинеральных горных породах.

Авторы исходили из рассмотрения поведения поликристаллического агрегата в негидростатическом поле упругих напряжений, так же, как в работах [1,2], полагая, что энергия упругой деформации W_y текстуры в постоянном поле напряжений является функцией углов Эйлера, задающих ориентировку осей пространственной системы координат относительно кристаллографической. Используя условия максимума W_y (система уравнений с 3-мя неизвестными - плоский вариант, с 5 - тью - объемный) с помощью ЭВМ рассчитаны значения ψ , θ , φ , а также величины n и m , задающие отношения компонент главных напряжений. Результаты показывают, что σ_2 и σ_3 для текстур $(2 \cdot m)$ Т $(4 \cdot m)$ Т отличаются примерно в 6 и 9 раз соответственно. Это согласуется с данными натуральных измерений напряжений в горных массивах. Для текстуры $(\infty \cdot m)$ Т σ_2

$\delta_2 = \delta_3$, что, по-видимому, отражается в ее поперечно-изотропных свойствах.

Определение соотношений компонент напряжений можно считать достаточно точным, поскольку в решении использованы значения констант S_{ijkl} , рассчитанные по методу ФРХ для анизотропных поликристаллических текстур с типом симметрии $(2 \cdot m)$ Т, $(4 \cdot m)$ Т, $(\infty \cdot m)$ Т. Отсутствие однозначного решения для текстуры $(m \cdot 3 \cdot m)$ Т может быть объяснено тем, что реальный механизм образования данной текстуры не соответствует исходным предпосылкам, поскольку эта текстура формируется в области пластической деформации.

1. Соболев Г.А., Демин В.М. Механоэлектрические явления в Земле. "Наука", М., 1980.

2. Macdonald G.J.F. Orientation of anisotropic minerals in a stress field. In. Rock Deformation. New York, 1960.

ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ И ДАВЛЕНИЯ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИДЕРИТОВ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Пархоменко Э.И., Данукалов К.Н., Москва
ИФЗ АН СССР

Изменение термодинамических условий в земных недрах может стимулировать или, наоборот, тормозить процесс диссоциации карбонатов. Цель настоящей работы - выявить влияние давления и временного фактора на кинетику диссоциации при различных Р, Т и установить при этом характер изменения электросопротивления и магнитных параметров: остаточной намагниченности насыщения, разрушающего поля и магнитной восприимчивости. Объектом изучения служили сидериты с р. Кожим/Приполярный Урал/ и Каражальского месторождения/Казахстан/. Уральские сидериты представлены мелкозернистыми линзовидными конкрециями, ассоциирующими с силикатами. Каражальские сидериты относятся к крупнокристаллическим образованиям с незначительным содержанием примесей. Электросопротивление ρ измерялось

тераомметром Е6 - 13 как в процессе длительного воздействия фиксированных p и T , так и в изобарическом и изотермическом режимах. Интервал давлений: $0,1 \pm 2$ ГПа, температур: $20 \pm 600^\circ \text{C}$.

В результате исследований установлено следующее:

1. Квазигидростатическое давление уменьшает скорость процесса диссоциации FeCO_3 , что отчетливо фиксируется по значениям ρ и магнитным характеристикам.
2. Температура начала процесса и дальнейшее окисление продуктов диссоциации сидерита зависят от его химического состава и структуры. Наличие примесей, например Mg , существенно повышает температуру реакции.
3. По величине ρ и магнитным параметрам уверенно определяется начало процесса и изменение интенсивности диссоциации во времени при постоянных p, T . Они также отражают процесс окисления продуктов диссоциации чистого сидерита до гематита. С повышением давления до 1,5 ГПа процесс окисления замедляется.
4. Наиболее сильное уменьшение ρ сидеритов под действием давления до 1,5 ГПа наблюдается в интервале температур $70 \div 230^\circ \text{C}$, что заметно ниже температуры начала диссоциации. У продуктов диссоциации уменьшение ρ с давлением мало.

О КОРРЕЛЯЦИОННЫХ СВЯЗЯХ МЕЖДУ УПРУГИМИ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ГРАНИТ - ДИОРИТОВЫХ ПОРОД ПАМИРО-АЛАЙСКОГО РЕГИОНА

Пархоменко Э.И., Левыкин А.И., ИФЗ АН СССР, Москва
Мурмаматов А., Ташкентский политехнический институт, Ташкент

Проведены исследования комплекса физических параметров гранитов, grano-диоритов, диоритов при давлениях до 2 ГПа в широком диапазоне температур. Для указанных пород установлены и проанализированы корреляционные связи между электросопротивлением ρ и скоростью продольных упругих волн v_p , скоростью продольных волн и плотностью γ , а

также между ρ и γ . Определено влияние минерального состава на закономерность изменения указанных характеристик с повышением давления и температуры. В интервале от 200 до 1000°C установлена четко выраженная зависимость ν_p и ρ от содержания кварца θ_k и темнокветных минералов θ_T . Наклон прямых $\lg \rho = f(\theta_k)$ и $\lg \rho = f(\theta_T)$ с повышением температур уменьшается. Определена зависимость ν_p от давления до 2 ГПа и температуры до 500°C. Для каждой группы пород выявлены области значений ν_p при указанных давлениях и температурах. Различия в значениях ν_p в горных породах в области высоких давлений обусловлено неодинаковым количественным соотношением в них породообразующих минералов. Для изученных гранитов, грано-диоритов и диоритов ν_p и γ с увеличением содержания темнокветных минералов увеличиваются, а с ростом кварца — уменьшаются. Менее отчетливо проявляется связь между ν_p и энергией активации E_0 носителей заряда. Можно лишь отметить тенденцию увеличения ν_p с уменьшением E_0 . Таким образом в зонах земной коры представленных гранитами, грано-диоритами и диоритами увеличение с глубиной должно сопровождаться уменьшением электросопротивления, которое обусловлено не только ростом температуры но и изменением минерального состава.

ТЕРМОБАРОВАКУУМНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. В ПЕТРОФИЗИКЕ

Петкевич Г.И., Лизун С.А., Сизоненко В.С.,
Штепан А.Р., ИГГГи АН УССР, Львов

Традиционно петрофизические исследования в связи с задачами промысловой геофизики выполняются при условиях, моделирующих пластовые. Однако в свете современных требований к оценке свойств некоторых горных пород изучаемый при этом комплекс параметров является недостаточно информативным. Поэтому представляют интерес результаты исследования в области низких температур и вакуума. В таких условиях возможно более глубокое изучение физической природы отдельных процессов, а также наблюдение специфических явлений, которые могут быть использованы для эффективной диагностики пород.

В связи с этим разработаны специальные измерительные устройства и камеры: а) устройство для исследования оптико-электрических свойств горных пород в напряженном состоянии (а.с. № 848639), содержащее силовой и температурный блоки, помещенные в вакуумную камеру (давление в камере до 10^{-4} Па, диапазон температур 77-523 К, давление на образце 180 МПа), б) камера для исследования тепловых свойств горных пород (а.с. № 914984) в условиях сохранения постоянства влажности образца при термобарических воздействиях (давление 17 МПа, температура 67 - 873 К).

С помощью указанных устройств проведена серия экспериментов по изучению электрофизических свойств осадочных пород и углей в вакууме, атмосферах различных газов и широком диапазоне температур при воздействии лазерного излучения,

γ - квантов, ультразвука. На их основе предложены новые подходы к оценке свойств вещества. А частности, температурные исследования особенностей зарядопереноса позволили разработать ряд оригинальных способов определения характеристических параметров: определения палеотемператур (а.с. № 805226) и определения марочного состава каменных углей (а.с. № 1045102) способ экспериментального разделения полимеризационных процессов в горных породах (а.с. № 602898).

Изучены физические предпосылки фотоэлектрической диагностики горных пород с воздействием лазерного излучения в условиях низких температур, установлена тесная связь фотоэлектрических величин с генетическими параметрами вещества.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВУЛКАНОГЕННЫХ ПОРОД ВСКРЫТЫХ СААТЛИНСКОЙ СТ-I ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Салехли Т.М., Мамедов А.Л., ИЖВНИИГЕОФИЗИКА,

Баку

Исследованы электрические свойства 20 образцов пород, представленных дацитами, андезито-дацитами, андезито-базальтами и базальтами, характеризующими интервалы глубин от 6000 до 8000 м при температурах до 900°C. Выявлены факторы,

определяющие характер температурной зависимости и абсолютные значения удельного электрического сопротивления (ρ) пород. По величине ρ выделяются две группы пород. Первая, самая высокоомная ($0,85 - 13 \cdot 10^7$ Ом. м при 300°C и $1,7 - 18 \cdot 10^4$ Ом. м при 800°C), включает дациты и андезиты-дациты. Вторая, характеризующаяся более низкими значениями сопротивления ($1,6 - 5,8 \cdot 10^6$ Ом. м при 300°C и $6,0 - 13 \cdot 10^3$ Ом. м при 800°C), представлена андезитами, андезито-базальтами и базальтами.

Детальные исследования с привлечением данных микро- и макро описания шифов, а также химического анализа показали, что подобное распределение обусловлено особенностями вещественного состава пород. В частности, с увеличением основности наблюдается уменьшение сопротивления. Однако, в пределах отдельных групп дифференциация по электрическим параметрам не проявляется из-за подверженности пород вторичным процессам (кальцитизации, окварцеванию, хлоритизации и т.д.), так как в этом случае общий эффект перехода от кислого состава к среднему сглаживается более сильным влиянием электропроводящих минералов, особенно в области примесной проводимости.

Отмечается корреляционная связь между величиной ρ пород с другими физическими параметрами (скоростью упругих волн, магнитной восприимчивостью, плотностью и пористостью).

Полученные результаты могут быть использованы при прогнозировании геологического строения земной коры Куринской впадины на больших глубинах.

СЕЙСМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ В ВОДОСОДЕРЖАЩИХ БАЗАЛЬТАХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СКОРОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Симонян С.С., ИГИС АН Арм. ССР, Ленинакан

Сейсмоэлектрический эффект в горных породах обусловлен существованием двойного электрического слоя на границах раздела твердое тело-жидкость, регистрация которого заключается в измерении разности потенциалов по продольному направлению распространения упругой волны U , проходящей через испытываемую горную породу.

Проведена серия экспериментов по изучению эффекта Е в зависимости от одноосного давления водосодержащего базальта. Для выполнения настоящих экспериментов был применен многоканальный звуковой приемник, с помощью которого возможно проводить локальное измерение сейсмоэлектрического и акустического сигнала $\mathcal{U}$ как в центральной части образца, так и на прилегающих к нему участках.

Эксперименты проведены при двух различных скоростях деформирования образцов: $\Delta \ell / \Delta t = 5 \cdot 10^{-1}$ мм/мин и $\Delta \ell / \Delta t = 5 \cdot 10^{-3}$ мм/мин. При этом одна половина образцов была насыщена до влажности $W = 50\%$, а другая половина $W = 100\%$ бидистиллированной водой. Эффект Е в образцах возбуждался перпендикулярно направлению оси давления $\mathcal{C}$. Результаты исследования показали, что отношение $U = E / \mathcal{U}$ сравнительно высоко там, где происходит интенсивное трещинообразование, которое зависит от скорости деформирования. Независимо от процентного содержания воды выделяется два характерных участка зависимости $U = f(\mathcal{C})$. Первый соответствует значению $\mathcal{C} = 0,5$ р при $\Delta \ell / \Delta t = 5 \cdot 10^{-1}$ мм/мин, где Р - разрушающее напряжение. Второй наблюдается при $\mathcal{C} = (0,85 - 0,9)$ р при $\Delta \ell / \Delta t = 5 \cdot 10^{-3}$ мм/мин. В этих интервалах нагрузки, U быстро возрастает до конца эксперимента. Это явление можно использовать в качестве индикатора развития процесса трещинообразования в горной породе.

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИЛЬНОГО КВАРЦА РАЗНОГО ГЕНЕЗИСА ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Успенская А.Б., Доломанова Е.И., Носик Л.П.,
Гасоян М.С., Куликова Е.В., Русакова Е.И.,
Тютнева Г.К.
МГИ, ИГЕМ Москва
ЦИНИГРИ, Тула

Комплексное изучение электрических и упругих свойств при нагревании проводилось на образцах жильного кварца разных генетических формаций. По диаграммам направленности оптических осей зерен кварца установлено, что в жильном кварце

существуют пьезоэлектрические текстуры симметрии $m\bar{3}m$; $o\bar{6}m$; $4\bar{m}$. Тип симметрии пьезоэлектрической текстуры определяется характером тектонических воздействий, существующих при становлении рудного тела.

Жильный кварц образуется в широком спектре значений термодинамических параметров, поэтому среди исследуемых кварцев были, претерпевшие фазовый переход в процессе образования и называемые параморфозой α - кварца по β - кварцу. Существенное влияние на свойства оказывают дефекты структуры: газово-жидкие включения, примеси, оксигидрильные группы.

На температурных зависимостях физических параметров обнаружены области аномального поведения их по сравнению с аналогичными зависимостями для бездефектного монокристалла кварца и эффект аномальной термической анизотропии упругих свойств.

Вся совокупность исследований, проведенных для одного и того же образца, позволила установить взаимозависимость физических свойств жильного кварца разного генезиса и влияние на них температур образования и давлений, химического состава гидротермального раствора и характера тектонических воздействий.

СВЯЗЬ ПОЛЯРИЗУЕМОСТИ ПОРОД С НАПРЯЖЕННЫМ СОСТОЯНИЕМ МАССИВА

Хелмицкий Н.Н., МГИ, Москва

При использовании метода вызванной поляризации главным показателем является поляризуемость η_k , зависящая прежде всего от минерального состава пород и размера проводящих вкрапленников. Кроме этого, на величину η_k существенно влияют внешние факторы, такие как влажность, температура, напряженность электрического поля и время его воздействия на массив пород. Однако, отсутствуют данные о влиянии горного давления на поляризуемость.

Известно, что для линейного процесса ВП можно увязать изменение во времени электросопротивления с поляризуемостью

/I/:

$$\eta_k = \frac{(T_2) - (T_1)}{(T_2)}$$

где $R(T_1)$ - электросопротивление в момент начала отсчета,
 $R(T_2)$ - тоже в какой - либо текущий момент времени.

В тоже время установлено /2/, что на величину электросопротивления и изменения его во времени при пропускании через массив пород постоянного электрического тока, влияют механические напряжения, действующие вдоль направления электрического поля. Градиент изменения во времени электросопротивления до момента насыщения тем больше, чем выше уровень механических напряжений, а само насыщение наступает за более короткий срок. Расчетная величина поляризуемости при этом может изменяться на 50 и более процентов, что сопоставимо с изменениями η_k при вариациях влажности или содержания проводящих минералов.

Полученные данные свидетельствуют о необходимости учета глубины нахождения исследуемого объекта при проведении измерений по методу вызванной поляризации.

1. В.А.Комаров. Временные и частотные параметры вызванной поляризации. - В кн.: Методика и техника разведки. Л., 1972, № 81, с. 5 - 14, (Труды ВИТР).
2. А.с. 998754 (СССР). Способ определения напряженного состояния горного массива, Г.Я.Новик, И.Ю.Буров, Г.М. Диашова, Г.И.Кузьмина, Н.Н.Хелмицкий. - Б.И. № 7, 1983.

ТЕРМОБАРИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОСНОВНЫХ ПОРОД ДНА ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА

Шепель С.И., Буртный П.А., Русаков О.М.
Институт геофизики АН УССР, Киев

Обсуждается воздействие высокой температуры (T), квазигидростатического давления (до 2,0 ГПа) и T (до 500°C), глубинных условий (до 20 км) на электрические параметры сухих и влагонасыщенных базальтоидов, отобранных в пределах Аравийско-Индийского хребта (северо-западная часть Индийского океана). Электропроводность (ϵ) исследованных океанических базальтов значительно превышает ϵ континентальных разностей.

Температурный ход ρ в пределах 200–400°C характеризуется наличием аномальных зон, или изменением энергии активации, что может быть связано с удалением флюидных включений. Высокое квазигидростатическое давление (P) обуславливает уменьшение электрического сопротивления (ρ) сухих базальтоидов. Характер зависимости $\rho = f(P)$ водонасыщенных образцов принципиально отличен. Их ρ уменьшается только до давлений (0,5–0,75 ГПа), а затем увеличивается. Обсуждаются установленные различия. Глубинные изменения зависимости $\rho = f(T)$ при различных высоких давлениях для влагонасыщенных образцов были изучены в специально созданной модификации камеры высокого давления, позволяющей избежать обезвоживания образцов при температурах до 300°. Общая величина уменьшения ρ до глубины 20 км составляет примерно 1,5 порядка.

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА БАЗАЛЬТОВ КРАСНОГО МОРЯ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ

Абсаямов С.С., Валеев К.А., Мигранова С.Г.
Баш. ГУ, Уфа

Приведены результаты исследования магнитных свойств данных базальтов, отобранных в южной части Красноморского рифта с борта подводного аппарата "Пайсис". Цель работы - установление закономерностей изменения магнитных свойств при повышенных P и T параметрах, характерных для базальтов рифтовых долин с срединно-океанических хребтов. Изучены закономерности необратимых изменений естественной остаточной J_n и термоостаточной J_{tr} намагниченности подводных базальтов после воздействия давления (600 МПа) и температур (700°). Также проведено сравнительное изучение стабильностей в переменных магнитных полях J_n , J_{tr} образцов, подверженных одновременному воздействию повышенных P и T параметров.

Установлено, что влияние квазисвободного давления в немагнитном пространстве и земном магнитном поле, в том числе длительное его воздействие (300 °C) не приводит к существенным необратимым изменениям J_n подводных базальтов Красного моря. J_{tr} , образованная в магнитном поле $H = 40$ А/м охлаждением от температуры 300°С, менее устойчива к воздействию давления и переменного магнитного поля (h) по сравнению со стабильностью J_n . Повышение температуры образования до 575°С приводит к увеличению стабильности J_{tr} к воздействию h . Термоостаточная намагниченность, образованная в условиях одновременного воздействия P и T параметров, оказывается менее стабильной по отношению к воздействию h , чем J_{tr} , образованная без воздействия давления.

Для интерпретации полученных данных изучены температурные зависимости $J_n(T)$, $J(T)$. Установленные закономерности объясняются необратимым изменением фазового состава ферромагнитных минералов при нагреве в воздухе. Полученные данные позволяют уточнить модель строения морского дна.

ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ДАВЛЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ МАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ БАЗАЛЬТОВ АРМЕНИИ

Авчян Г.М., ЕГУ, Ереван

Нагапетян В.В., ИГИС АН Арм. ССР, Ленинакан

Исследовано влияние циклической нагрузки и длительного воздействия давления на различные виды остаточной намагниченности, коэрцитивные спектры и разрушающее поле базальтов Гарнийского геодинамического полигона (Армянская ССР) с целью дальнейшего использования полученных результатов для интерпретации обсерваторных и полевых наблюдений электромагнитного поля в пределах полигона. Установлено, что циклические нагрузки 20 МПа приводят к изменению естественной остаточной намагниченности до 15 - 18 %, а длительная выдержка пород под нагрузкой приводит к наведенной магнитной анизотропии, к уменьшению намагниченности насыщения и уменьшению амплитуды коэрцитивных спектров.

Наведенная нагрузкой анизотропии в направлениях намагничивания независимо от состава ферромагнитных включений дает возможность выделить следы воздействия тектонических напряжений в участках, где предполагается некоторое распределение остаточных напряжений в исследуемых породах. В случае циклических нагрузок незначительной величины в естественных условиях возможны изменения магнитного поля в пределах Гарнийского полигона. Эти изменения соизмеримы со значениями, полученными при высоких давлениях.

ЗАВИСИМОСТЬ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ ЖЕЛЕЗИСТЫХ КВАРЦИТОВ ОТ ДАВЛЕНИЯ И НАПРЯЖЕННОСТИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Антонов Ю.В., Слысарев С.В., ВГУ, Воронеж

Расширение сырьевой базы горнодобывающих предприятий Курской магнитной аномалии осуществляется главным образом за счет поиска и разведки месторождений легкообогатимых магнетитовых железистых кварцитов, пригодных к открытой

обработке.

В настоящее время ~~при~~ разведке этих месторождений в большом объеме для определения процентного содержания железа магнетитового в железистых кварцитах проводится, наряду с дорогостоящим химическим опробованием, каротаж магнитной восприимчивости (КМВ). Однако, точность определения Fe_{mag} по данным КМВ не всегда удовлетворяет инструктивным требованиям.

Проведенный статистический анализ χ , определяемой по данным магнитного каротажа, и динамических условий залегания месторождений железистых кварцитов на глубинах от 100 до 750 м позволил установить зависимость магнитной восприимчивости от горного давления и внутреннего магнитного поля. На всех интервалах опробования при небольших давлениях 20 МПа наблюдается резкий рост χ , который с дальнейшим увеличением давления постепенно ослабевает. Зависимость χ от внутреннего магнитного поля в интервале от - 5 мкТ до - 90 мкТ имеет криволинейный характер, достигая при поле - 40 мкТ.

Влияние этих факторов (в отличие от аппаратурных погрешностей) неустранимо и их игнорирование приводит к ошибкам порядка 20 - 25% в определении магнитной восприимчивости по данным КМВ.

Опробование, проведенное на ряде железорудных месторождений КМВ, показало, что учет горного давления и внутреннего магнитного поля позволяет значительно повысить точность метода, а следовательно и его эффективность.

ОБ ОДНОЙ ПАЛЕОМАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ В АРМЕНИИ

Варданян А.А.; ИГИС АН Арм.ССР, Ленинакан

Разрез Арапи - самый мощный (17 м) из изученных четвертичных разрезов Ширакской Котловины. Непрерывный отбор ориентированных образцов проводился на уровнях, располагавшихся через 3 - 4 см. Отобрано около 2800 образцов из 526 уровней.

Для выяснения минералов - носителей естественной остаточной намагниченности использовались магнитные и немагнитные методы, которые показали, что основными ферромагне-

тиками и разрезе Арапи являются титаномagnetит и magnetит. NRM в разных частях разреза имеет разную природу: DRM и GRM . В верхней части разреза после температурной чистки коллекции ($T = 200^{\circ}C$) выделяется палеомagnetная аномалия, достаточно четко выраженная и мощная, хотя полного обращения вектора J_n не наблюдается. Если принять во внимание временную привязку по палеонтологическим данным, указанная относится к хазару, где подобное поведение поля было отмечено и другими исследователями.

МАГНЕТИЗМ НЕКОТОРЫХ МОРСКИХ И МЕЛОВЫХ ПОРОД ОФИОЛИТОВОЙ ЗОНЫ МАЛОГО КAVKAZa

Исаева М.И., Воробьева Г.П., Гасанова К.Д.,
Саркисова А.С., ИГ АН Азерб.ССР, Баку

Офиолитовый пояс Малого Кавказа является зоной "стыка" двух мегаплит и обуславливает особенности тектонического развития этого района в юрское и меловое время. Magnetные свойства пород несут информацию о глубинных условиях формирования пород.

Определены magnetные характеристики юрских и меловых пород: magnetная восприимчивость и естественная остаточная намагниченность. Образцы меловых отложений характеризуются пониженными по сравнению с юрскими величинами magnetных характеристик и большим разбросом этих величин. По величинам magnetных характеристик границу между юрскими и меловыми отложениями следует сдвинуть на 300 м в сторону Кельбаджар от намеченной.

Для выяснения состава ферромагнетной фракции определены зависимость остаточной намагниченности насыщения от температуры, величины остаточной намагниченности насыщения и коэрцитивной силы насыщения, а также вид кривой нормального намагничивания. Намагниченность меловых пород обусловлена присутствием в них magnetита в зернах разных размеров, что обуславливает большой разброс в величинах magnetных характеристик. Иногда встречается маггемит и титаномagnetит с $T = 200^{\circ}C$. Для юрских пород характерно присутствие маг-

нетита и титаномagnetита, низкая точка Кюри и форма кривой $J_{TS}(T)$ которого позволяет считать его малоизмененным и пригодным для информативности глубинных условий (определения глубины очага).

Выделена первичная намагниченность с помощью магнитных чисток: временной, переменным магнитным полем, температурой. По ней определены зоны прямой и обратной намагниченности. Эти зоны хорошо коррелируются с известными зонами по шкале мировых данных.

ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ ТЕРМОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ БАЗАЛЬТОВ ПРИ ВЫСОКИХ КВАЗИВСЕСТОРОННИХ ДАВЛЕНИЯХ

Максимочкин В.И., Баш.ГУ, Уфа

Для понимания механизма образования естественной остаточной намагниченности горных пород в условиях земной коры и стабильности ее к последующим изменениям напряжений на образцах базальтов Красного моря был изучен процесс образования термоостаточной намагниченности (I_{rt}) при высоких квазисвесторонних давлениях. Исследования проводились на специальной установке, включающей немагнитную камеру типа "линза" и аstaticкий магнитометр с автоматической записью результатов. Магнитная фракция образцов была представлена титаномagnetитом с температурой Кюри 270°C . I_{rt} и I_{rt}^P создавались соответственно при атмосферном давлении и 80 МПа в поле напряженностью 200 А/м. I_{rt}^P , измеренная затем при атмосферном давлении, оказалась на 30 % меньше I_{rt} . Эти два вида намагниченности существенно отличаются и по стабильности к последующим воздействиям давлений. Зависимость $I_{rt}(P)$ в интервале давлений 0,1 - 80 МПа состояла из 8 % необратимого и 33 % обратимого уменьшения намагниченности. Обратимые изменения $I_{rt}(P)$ удовлетворительно описываются гиперболической функцией. Коэффициент пьезочувствительности составляет $0,77 \pm 0,03 \cdot 10^{-2} \text{ МПа}^{-1}$. Изменения I_{rt}^P полностью обратимы. Коэффициент пьезочувствительности равен $0,32 \pm 0,02 \cdot 10^{-2} \text{ МПа}^{-1}$, что в два раза меньше I_{rt} , образо-

ванной при атмосферном давлении.

Таким образом, в условиях механических напряжений образование термонамагниченности базальтов происходит менее интенсивно. Однако, пробы получившие $J_{\text{т}}^P$, обладают повышенной стабильностью к последующим изменениям давления.

ИНДУКТИВНАЯ И ПЬЕЗОМАГНИЧЕННОСТЬ МАГНЕТИТА ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМПЕРАТУРАХ

Максимочкин В.И., Валеев К.А., Ягудин А.Ф.,
Бурангулова З.Т., Баш. ГУ, Уфа

С целью изучения магнитоактивного слоя Земли исследовались образцы магнетита с размерами зерен 45-74 мкм и 74 - 115 мкм. Изучена зависимость индуктивной намагниченности в поле напряженностью 200 А/м от квазисвободного давления до 200 МПа при температурах до 200°C. Опыты проводились в немагнитной камере типа "линза". Намагниченность измерялась в процессе воздействия давления и температуры фотоэлектрическим аstaticеским магнитометром.

Для образцов с размерами зерен 74 - 115 мкм величина пьезостаточной намагниченности с увеличением температуры ее образования падает при незначительном изменении восприимчивости. Отношение $J_{\text{т}} / \mathcal{H}$ падает с 0,35 до 0,04 с ростом температуры от 25°C до 209°C после действия давления в 208 МПа. Изменение полученной намагниченности $J_{\text{тн}} = J_{\text{т}} + \mathcal{H}$ под давлением хорошо описывалось зависимостью $J_{\text{тн}} = J_0 / (1 + \beta P)$. При этом коэффициент пьезочувствительности $\beta_{\text{н}}$ уменьшался от $0,3 \cdot 10^{-2} \text{ МПа}^{-1}$ до $0,23 \cdot 10^{-2} \text{ МПа}^{-1}$ с ростом температуры от 25°C до 209°C. Для образцов с размерами зерен 45-74 мкм эта зависимость менее выражена: $J_{\text{т}} / \mathcal{H} = 0,26$, $\beta_{\text{н}} = 0,4 \cdot 10^{-2} \text{ МПа}^{-1}$ при $T = 25^\circ\text{C}$ и $0,19$ и $0,3 \cdot 10^{-2} \text{ МПа}^{-1}$, соответственно, при $T = 209^\circ\text{C}$.

Таким образом при температурах до 200°C для образцов пород, магнитная фракция которых представлена магнетитом с размерами зерен 45 - 115 мкм, за пьезомагнитный эффект ответственна индуктивная намагниченность в земном поле. При этом с ростом температуре пьезочувствительность падает.

О СВЯЗИ НАПРАВЛЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ СО
СКОРОСТЬЮ ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛН В ДИСКООБРАЗНЫХ
ОБРАЗЦАХ БАЗАЛЬТОВ

Маркосян Г.Г., Оганесян С.Р., Тоноян Т.В.
ИГИС АН Арм. ССР, Ленинакан

В лабораторных условиях на дискообразных образцах четвертичных базальтов Армении изучены их магнитное поле и скорости упругих волн.

Магнитное поле образца измерялось на расстоянии l см от него дифференциальным методом. Применены феррозондовые датчики с точностью ± 1 нТл.

Скорость продольных упругих волн изучалась по диаметру образца. С этой целью использованы пьезодатчики с частотой 2,5 мГц. Один из них работал в режиме излучателя, а другой — приемника. Магнитное поле образца и скорость измерялись по кругу шагом 10° .

Полученные результаты указывают, что магнитное поле всех изученных образцов имеет форму симметричного диполя. Направление максимальных значений в основном перпендикулярно к минимальным. При этом скорость увеличивается перпендикулярно оси магнитного диполя, но уменьшается вдоль ее.

РЕЛАКСАЦИЯ МАГНИТОУПРУГОГО ЭФФЕКТА В
ЧЕТВЕРТИЧНЫХ БАЗАЛЬТАХ ГЕГАМСКОГО ХРЕБТА

Оганесян С.Р., Симонян А.О.
ИГИС АН Арм. ССР, Ленинакан

В лабораторных условиях изучался магнитоупругий эффект горных пород в образцах четвертичных базальтов Гегамского хребта. Природа намагниченности этих базальтов в основном термоостаточная, чем объясняется ее стабильность.

Изученные базальты отличаются большим значением вязкого компонента намагниченности, которая играет большую роль при формировании магнитоупругого эффекта (в натуральных условиях — сейсмостектономагнитного эффекта). Изменение этого эффекта зарегистрировано дифференциальной системой

феррозондовых датчиков с точностью ± 1 нТл. Деформации измерялись тензодатчиками, присоединенными к прибору ИДЦ-1.

Результаты исследований показали, что после наложения и последующего снятия нагрузки в образцах продолжается процесс восстановления исходного значения намагниченности. Время релаксации зависит от величины приложенной нагрузки. Это явление наблюдается, когда изгиб производится в пределах упругости материала. При неупругой деформации происходит необратимое изменение магнитного поля образца, величина которого составляет 10 - 15 нТл.

ИЗМЕНЕНИЕ МАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИСКУССТВЕННОГО МАГГЕМИТА ПРИ ВЫСОКИХ КВАЗИГДРОСТАТИЧЕСКИХ ДАВЛЕНИЯХ И НАГРЕВЕ ДО 250°C

Петрова Г.Н., Данукалов К.Н., ИФЗ АН СССР,
Москва

Хоботько А.А., МГРИ, Москва

Знание поведения маггемита в разных P, T - условиях имеет важное значение для магнетизма горных пород и палеомагнетизма. Предыдущими исследователями детально изучались температурные превращения маггемита. Имеются отдельные, зачастую противоречивые, данные по изучению поведения маггемита при высоких P, T . Задачей данной работы являлось установление влияния давления на магнитные характеристики искусственного тонкозернистого маггемита с точкой $\gamma \rightarrow \alpha$ перехода 450°C при комнатной температуре и при 250°C. Опыты с нагружением проводились в лаборатории высоких давлений ИФЗ АН СССР в присутствии лабораторного магнитного поля.

В результате экспериментов установлено:

1. Давление до 3 ГПа в твердофазной установке с использованием различных передающих сред /цемент "Силидонт", пластмасса "Норакрил"/ приводит к незначительному изменению величины J_{rs} и α и к увеличению H_{cs} от 17600 - 19200 до 22400 - 31200 А/м. Изменяется также форма кривых $J_{rs}(H)$ и $J_s(T)$. После воздействия давления они становятся более

выпуклыми и основной спад намагниченности смещается в область высоких температур. Это, по-видимому, связано со структурными изменениями в маггемите, например, с увеличением плотности дислокаций с давлением.

2. Изменение J_{rs} , H'_{cs} , α после выдержки образца при $T = 250^{\circ}\text{C}$ в течение 1 ч. позволяет предположить, что процесс $\gamma \rightarrow \alpha$ перехода в маггемите начинает идти уже при этой относительно невысокой температуре, если ее воздействие достаточно длительное.

3. Воздействие давления до 1,5 ГПа при $T = 250^{\circ}\text{C}$ и выдержке в течение 1 ч. ускоряет процесс перехода маггемита в гематит, о чем свидетельствует заметное изменение всех измеренных нами магнитных характеристик.

Следовательно, при изучении природного процесса $\gamma \rightarrow \alpha$ перехода маггемита нужно учитывать факторы давления и времени.

ТЕРМОМАГНИТНЫЙ ИНДИКАТОР ВЫВЕТРИВАНИЯ МАГНЕТИТА

Писакин Б.Н., Прияткин А.А.

Институт Земной Коры Ленинградского ун-та

Надежное выявление процесса выветривания ферромагнетика горных пород имеет важное значение для решения многих теоретических и практических задач магнитологии и магниторазведки. При выветривании магнетита образуются неустойчивые к нагревам на воздухе продукты. При превращении этих продуктов выделяются два процесса, характеризующихся заметными изменениями ряда магнитных параметров, некоторых — разнонаправленными. Более высокотемпературный процесс довольно определенно удалось связать с превращением маггемит — гематит. Природа первого превращения, сопровождающегося изменением магнитных параметров вблизи 150°C , окончательно не установлена, но это превращение наблюдается на абсолютном большинстве образцов магнетитсодержащих пород, отобранных в зоне гипергенеза, и легко идентифицируется, особенно по результатам дифференциального термомагнитного анализа. Пик дтм-кривой $-\Delta J_{rs}/\Delta T(T)$ первого нагрева, соответствующий данному превращению, предложено использовать

как чувствительный индикатор гипергенных изменений магнетита, Вершина указанного пика соответствует одной и той же температуре с точностью $\pm 50^\circ\text{C}$, что позволяет выбрать и использовать эталоны для идентификации этого превращения при меняющихся условиях дтм - анализа.

Обнаружен класс горных пород и руд (в частности, разнообразные ультрабазиты, карбонатиты, магнетитовые руды Ангара - Илимских месторождений и Ковдора), дтм-кривая I -го нагрева образцов которых при нагреве имеет аналогичный пик, но сдвинутый до 400°C в область высоких температур относительно пика эталонного образца. Для магнетита этих пород и руд характерно замещение железа в кристаллической решетке ионами титана, хрома, алюминия, магния, никеля и др. Данные микросондовых исследований показывают, что за смещение пика дтм - кривой от ответственных ионы магния и, возможно, никеля, присутствующие в незначительных (менее 1 %) количествах в качестве изоморфной примеси.

ИЗМЕНЕНИЯ С ГЛУБИНОЙ ОСТАТОЧНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ПОРОД УКРАИНЫ

Савенко Б.Я., Институт геофизики АН УССР, Киев

Давление (Р) существенно изменяет остаточную намагниченность насыщения (J_{rs}) пород при температуре ниже 200°C . Такая температура в земной коре Украины наблюдается (за исключением Закарпатья) на глубинах (Н) порядка 10 - 12 км ($P \approx 250 \text{ МПа}$).

Распределение $J_{rs} = f(H)$ без учета влияния температуры рассмотрено для изверженных пород Украинского щита, железистых кварцитов района Кривого Рога, кристаллических пород Днепровско - Донецкой впадины, интрузивных Горного Крыма и вулканитов Закарпатья. Опыты осуществлялись при высоком гидростатическом давлении.

При давлении, соответствующем глубине около 10 км, породы могут сохранить 47 - 60 % J_{rs0} , а 20 - 30 км: магнетитсодержащие около 20 - 30, титаномagnetитсодержащие порядка 42 %. Существенное влияние на распределение и ве-

личину J_{rs} оказывают также состав, структурные и генетические особенности ферромагнитных минералов. Размер зерен определяет, в основном, изменения J_{rs} вулканитов Закарпатья при давлении, а термодинамические условия метаморфизма - железистых кварцитов Кривого Рога, различия метасоматических процессов интрузивных пород Горного Крыма. Закономерные связи изменений магнито-чувствительных характеристик пород установлены для образцов, ферромагнитное вещество которых не претерпело воздействия процессов низко и высокотемпературного окисления (неокисленные разности базальтов Украинского щита и Днепровско - Донецкой впадины, вулканиты Закарпатья и др.). [1].

Г. Лебедев Т.С., Савенко Б.Я. - Влияние давления на распределение с глубиной остаточной намагниченности некоторых горных пород Украины. В кн.: "Магнетизм горных пород Востока СССР", Изд - во СВКНИЦ ДВНЦ АН СССР, Магадан, 1984, стр.56-58.

МАГНИТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ БАЗАЛЬТОВ В РАЗЛИЧНЫХ Р,Т, - УСЛОВИЯХ ОПЫТОВ

Савенко Б.Я., Старчевский - Сахаров В.Г.,
Институт геофизики АН УССР, Киев

Исследованы базальты различных генетических типов с целью выяснения их магнитных свойств с составом, структурными и генетическими особенностями. Коллекция включала образцы эффузивных образований из ряда районов Украины (Днепровско-Донецкая впадина, Украинский щит, Горный Крым, Закарпатье), Атлантического и Индийского океанов.

Изучались устойчивость остаточной намагниченности к Р температуры Кюри (T_0), температурные зависимости J_{rs} и коэрцитивной силы (H_c). Определен химический и минеральный состав пород.

Результаты опытов позволили установить некоторые корреляционные связи в распределении магнито-чувствительных характеристик базальтов для каждого генетического типа породы. Рассмотрены зависимости H_c и T_0 (J_{rs}, H_c) = f (Т) при разных T_0 , $J_{rs} = f$ (Р) и H_c , $J_{rs} = f$ (РТ) от минерального сос-

тава базальтов и их петрохимических особенностей. Закономерная связь между значениями H_c и T_c наблюдается только для неокисленных разностей базальтов. Результаты опытов $(J_{rs}, H_c) = f(T)$ указывают на постоянство их значений в температурных интервалах, близких к T_c титаномagnetитов. Прямая зависимость стабильности базальтов к давлению от величины коэрцитивной силы возможна в случае сохранности ферримagnetитика к моменту исследования при примерно одинаковой степени наложения вторичных процессов, а также равных упругих свойств основных породообразующих минералов, слагающих немагнитную матрицу.

Результаты опытов при одновременном воздействии P и T на J_{rs} базальтов показывают, что давление эффективно влияет на величину J_{rs} только при невысоких температурах, а с ростом ее его роль незначительна. Температура $300^\circ C$ является нижним пределом воздействия на остаточную намагниченность базальтов.

ИССЛЕДОВАНИЯ МАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВУЛКАНО- ГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ КОНЬЯК - САНТОНА МАЛОГО КАВКАЗА ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Халафов А.А., Исаева М.И., Гаджиев Э.М.,
ИГ АН Азерб. ССР, Баку

На образцах, представленных различными базальтами, андезито - базальтами, оливиновыми базальтами, трахидолеритами, содержащими титаномagnetит и magnetит, проводился следующий комплекс исследований: термомагнитный анализ, изучение стабильности, первичности ЕОН пород и характера её изменения при воздействии температуры и переменного магнитного поля, а также определение химического состава $Fe-Ti$ окисных минералов.

Исследованные породы сильномагнитны. По содержанию они делятся на высокотитанистые с точкой Кюри $200 - 300^\circ C$ и низкотитанистые с $T_c = 300 - 400^\circ C$. Эффузивы оказались стабильными и хорошо сохраняли первичную ЕОН, приобретенную при их образовании. Нагрев образцов по методике Телье с целью определения вида ЕОН позволил заключить, что данные

породы обладают термоостаточной намагниченностью. С построением диаграммы Зийдервельда установлено, что в основном породы имеют однокомпонентную намагниченность.

Контроль за минералогическим составом ферромагнитных минералов производился измерением магнитной восприимчивости до и после нагрева. Установлено, что у исследованных образцов изменение минерального состава происходит до 200°C , после чего имеет место монотонный спад. Были определены направления первичной ЕОН: склонение $D = 22^{\circ}$ и наклонение $I = 50^{\circ}$. Образцы характеризуются прямой и обратной намагниченностью. Основными минералами, ответственными за ЕОН, являются титаномагнетит, магнетит, которые отражают направление магнитного поля времени образования.

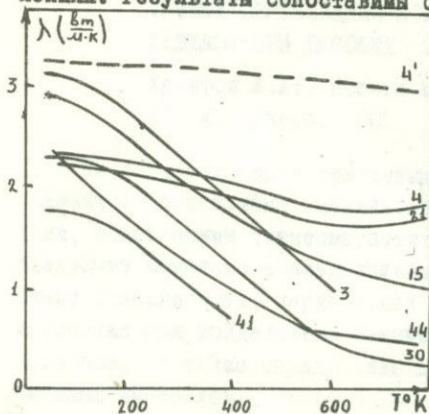
ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ВЫСОКИХ ТЕРМОБАРИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Амирханов Х.И., - Ш.Батырмурзаев А.С.,
Гаирбеков Х.А., Алибеков Г.И.

Институт Физики Дагестанского филиала АН
СССР, Махачкала

Знание теплофизических свойств горных пород и минералов при высоких температурах и давлениях необходимо для решения многих задач науки о Земле. Технические трудности эксперимента и отсутствие достаточного материала о тепловых свойствах пород в условиях естественного залегания оправдывают использование корреляционных зависимостей. Получены расчетные значения коэффициента теплопроводности для некоторых образцов горных пород при высоких температурах и давлениях. Результаты сопоставимы с литературными данными.



На рис. зависимость коэффициента теплопроводности горных пород от температуры: 4 - базальт, 30, 41 - гранит, 44 - лабрадорит, 15 - габбро, 4 - стекло из базальта, 3 - диабаз.

Измерены коэффициенты теплопроводности ряда образцов базальтов, диоритов, дацитов со скважины СГ - I, - произвольно взятых с глубины 5,5 - 8,0 км. Измерения проводились при комнатной температуре компенсационным методом Х.И. Амирханова. Выявлена явная зависимость коэффициента теплопроводности от минерального состава и глубины залегания образцов. Величина коэффициента теплопроводности для изученных образцов колеблется в пределах 2,0 - 2,5 Вт/м К. Рассматривается зависимость λ от влажности пород.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ
ГЕОТЕРМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ СЕЙСМИ-
ЧЕСКОМ РАЙОНИРОВАНИИ ТЕРРИТОРИИ АРМЯНСКОЙ ССР

Аракелян Ф.О., Аслизаян А.А., НИИОССС АЭС
Ин - та АТЭП, Ереван

Теоретические соображения и практические исследования показывают, что различным тектоническим режимам соответствуют разные величины теплового потока. Аномальные значения теплового потока наблюдаются в подвижных поясах земной коры. С этими же поясами совпадают главные линии эпицентров землетрясений.

На территории Арм. ССР выделяются следующие геотермические районы:

1. Центральный - геотермический градиент: $\Gamma = 0,05 \text{ К/м}$, плотность теплового потока: $Q = 0,07 - 0,1 \text{ Вт/м}^2$. Отдельные аномалии достигают $0,4 \text{ Вт/м}^2$.

2. Северо-Восточной - $\Gamma = 0,005 - 0,043 \text{ К/м}$, $Q = 0,05 - 0,07 \text{ Вт/м}^2$.

3. Юго - Западный - $\Gamma = 0,015 - 0,033 \text{ К/м}$, $Q = 0,03 - 0,05 \text{ Вт/м}^2$.

4. Южный - $\Gamma = 0,04 \text{ К/м}$, $Q = 0,07 - 0,09 \text{ Вт/м}^2$.

Результаты корреляции плотности теплового потока с различным геолого-геофизическими и сейсмологическими параметрами показали, что в районах повышенных величин тепловых потоков (Центральный и Южный геотермические районы) наблюдаются: уменьшение мощности земной коры, максимально пониженные значения гравитационных и магнитных аномалий, повышенные значения скорости неотектонических движений и их градиентов, повышенная сейсмическая активность, большое количество землетрясений, приходящихся на площадь 1000 км^2 и относительно небольшие глубины гипоцентров землетрясений.

Положительные аномалии плотности теплового потока встречаются в зонах разломов, так как отток тепла к поверхности происходит главным образом по этим зонам. Геотермическое поле можно считать одним из геологических критериев сейсмичности.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ ЮГА
ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Дорофеева Р.П.

Институт земной коры СО АН СССР, Иркутск

Для изучения глубинных процессов и прогнозирования температур по разрезу земной коры необходимо знание физических свойств горных пород на больших глубинах при давлениях и температурах, соответствующих их условиям залегания.

С этой целью экспериментально изучены и обобщены значения теплофизических свойств свыше 900 образцов горных пород осадочного, метаморфического и магматического происхождения из верхних горизонтов земной коры на территории юга Восточной Сибири.

Изучение характера изменения теплопроводности с ростом температуры для всех типов горных пород, составляющих земную кору, проведено в режиме монотонного нагрева до 700°K .

Данные глубинных значений теплопроводности сопоставлены с результатами исследований, полученными косвенным путем через петроскоростную модель и микроструктурные изменения. Получена хорошая сходимость результатов для отдельных разновидностей горных пород.

С учетом термобарических условий региона построена модель распределения теплопроводности для различных в геотектоническом отношении провинций: юга Сибирской платформы, Байкальской рифтовой зоны и Забайкальской области умеренного горообразования. Значение рассматриваемого параметра изменяется от 1,5 до 3 Вт/(м · К) – в верхних слоях коры и превышает 4 – 5 Вт/(м · К) в верхней мантии.

НОВЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ
И ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ТЕПЛОФИЗИ-
ЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРНЫХ ПОРОД

Коболев В.П., Кутас Р.И.

Институт геофизики АН УССР, Киев

Разработана методическая схема исследования теплофизи-

ческих параметров горных пород двумя различными методами. Принципиальное отличие предлагаемой схемы состоит в том, что измерения коэффициента теплопроводности как на образце в его естественном виде, так и на порошковом препарате в смеси с жидкостью. Значения теплопроводности, получаемые на пластине горной породы в стационарном режиме мы предлагаем обозначать объемной теплопроводностью (λ_0) и соответственно на порошковом препарате методом цилиндрического зонда - удельной теплопроводностью (λ_y). Относительная разность между этими параметрами в виде:

$$\Delta\lambda = (\lambda_y - \lambda_0) \cdot \lambda_y^{-1}$$

условно определяется нами как новой теплофизический параметр - избыточная теплопроводность и предлагается в качестве количественной меры структурно-текстурных особенностей горных пород.

Предпринята попытка использовать зависимость комплекса выделенных теплофизических параметров от состава для оценки близости вулканогенных образований различных структурно-тектонических условий формирования на примере Закарпатья, Армянского нагорья и Большого Кавказа с помощью математического моделирования. Обработка экспериментального материала осуществлялась с помощью индуктивных методов самоорганизации моделей на ЭВМ, реализуемых в алгоритмах и программах группового учета аргументов. Поиск математических моделей оптимальной сложности указанной зависимости исследованных регионов проводился в классе структур поликома Колмогорова - Габора при постепенном наращивании сложности модели в процессе комбинаторного перебора по минимуму критериев селекции: регулярности и несмещенности. Полученные количественные оценки меры близости вулканогенных ассоциаций двух типов тектонических обстановок. - Закарпатского прогиба и Транскавказского поперечного поднятия, хорошо согласуются с имеющимися геологическими представлениями.

О ВЛИЯНИИ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ПОРОД - ЭВАПОРИТОВ

Любимова Е.А., ИФЗ АН СССР, Москва
Ганиев Ю.А., Масленников А.И., Гроз-
ненский нефтяной институт, Грозный

Осуществлено экспериментальное измерение коэффициента теплопроводности ангидрита по стационарному методу радиального теплового потока. Изучалось одновременное и раздельное влияние температуры (до 200°C) и давления (до 100 МПа) на теплопроводность сухих и водонасыщенных образцов.

Установлено, что с повышением давления до 100 МПа в исследованном температурном интервале теплопроводность водонасыщенных образцов растет линейно, причем наиболее существенно при повышении давления от атмосферного до 20 МПа. Это увеличение зависит от температуры. Так, при температурах 20, 50 и 200°C оно составляет 16 - 25 %, а при 100 и 150°C - 10 - 12 %. С ростом температуры до 200°C теплопроводность сухих и водонасыщенных образцов уменьшается в 5 - 7 раз (по абсолютному значению), причем наиболее интенсивно в интервале 20 - 50 и 100 - 200°C.

Зависимость теплопроводности пород-эвапоритов от температуры и давления имеет важное практическое значение, так как эти образования существенное влияние на формирование теплового режима "подсолевых" отложений, являющихся в настоящее время первоочередным объектом поисков скоплений нефти и газа в Прикаспийской впадине и Восточном Предкавказьи.

ИЗУЧЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОРОДОБРАЗУ- ЮЩИХ МИНЕРАЛОВ

Ромушкевич Р.А., Попов Ю.А., Соловьев Г.А.,
Березин В.В., Коростелев В.М.
МГРИ, Москва

Особенности нового сканирующего бесконтактного метода определения теплопроводности твердых тел позволяют измерять теплопроводность образцов минералов без их разрушения, а при

изучении анизотропных монокристаллов определяются главные составляющие тензора теплопроводности без механической обработки монокристаллов.

Для 16 анизотропных минералов определены главные составляющие тензора теплопроводности. Практически одинаковые результаты (в пределах погрешности измерений, составлявшей не более $\pm 5\%$) получены для четырех различных типов кварца ($\lambda_a = \lambda_b = 6,10$ Вт/м.К, $\lambda_c = 10,8$ Вт/м.К). Для некоторых минералов (шерл, рутил, диопсид) наблюдается существенная анизотропия с отличием главных составляющих тензора теплопроводности более 20 %, для других минералов (апатит, берилл, везувиан, скаполит, кальцит) анизотропия менее значительна. Проведены измерения теплопроводности монокристаллов 15 минералов кубической сингонии.

При анализе зависимости теплопроводности горных пород и руд от их минерального состава необходима оценка теплопроводности порообразующих минералов в их поликристаллическом состоянии. Эта оценка проведена путем многократных измерений на монокристаллах 89 минералов и усреднения данных с учетом различной ориентации главных осей теплопроводности. Путем непосредственных измерений получены данные о теплопроводности 20 минералов в поликристаллическом состоянии.

Установлено, что некоторые минералы обладают высокой стабильностью теплопроводности, в то время как в других она существенно изменяется в зависимости от условий образования. Анализ полученных результатов и сопоставление их с известными литературными данными свидетельствуют о необходимости продолжения систематического изучения теплопроводности минералов.

ЛОКАЛИЗАЦИЯ КОНТАКТОВ ЖИЛЬНОГО КВАРЦА С ВМЕЩАЮЩИМИ ПОРОДАМИ ПО ВЕЛИЧИНЕ ИХ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

Салтыковский В.А., МГРИ, Москва

Для определения контактов жильного кварца с вмещающими породами на одном из месторождений Ю.Урала, были использова-

ны их теплофизические свойства. Определение последних проводилось с помощью новой, разработанной в ИГРИ безконтактного подвижного источника тепловой энергии с бесконтактной регистрацией температуры нагреваемой поверхности по ее электромагнитному излучению [1]. Были изучены образцы из зоны контакта хвильного кварца и плагногранитом /вмещающие породы/. Величина теплопроводности плагногранита составила 2,6 - 2,9 Вт/м.к, а величина теплопроводности хвильного гранулированного кварца - 5,8 - 7,5 Вт/м.к. Последний переходит в мелкозернистый плагногранит с величиной теплопроводности 2,1 - 2,2 Вт/м.к.

Статистически обработанные данные проведенных измерений теплопроводности свидетельствуют о том, что для кварца и плагногранита величины теплопроводности резко различаются, что подтверждает эффективность использованного метода. Показана независимость величины теплопроводности от направления линий сканирования.

Представляется, что эта методика может быть успешно применена для локализации горных пород, имеющих различные величины теплопроводности. Этот метод может найти применение при решении практических задач в геологии и горном деле для картирования и выявления рудных тел.

1. Попов Ю.А., Семенов В.Г., Березин В.М. Метод безконтактного определения теплофизических характеристик при помощи подвижного источника тепла. Изв. АН СССР, Физика Земли, 1982, № 7.

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ И ДРУГИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД И РУД НЕКОТОРЫХ КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Соловьев Г.А., Попов Ю.А., ИГРИ, Москва

Колчеданные месторождения характеризуются общей петрофизической зональностью. Руды, слагающие центральную петрофизическую зону, имеют удельную теплопроводность, изменяющуюся от 4,0 Вт/м.К до 12 Вт/м.К. Наиболее высокие значения теплопроводности отмечаются у пиритовых руд, а самые низкие - у пирротиновых. Их плотность составляет 3,3-4,5 г/см³;

а удельные электрическое сопротивление обычно не превышает I Ом.м. Руды, в которых преобладает сфалерит, имеют высокую теплопроводность, достигающую II Вт/м.К, и сопротивление 50 - 200 Ом.м. Возрастание в рудах содержания галенита приводит к увеличению их плотности и уменьшению теплопроводности, а пирротина - к увеличению магнитной восприимчивости, уменьшению теплопроводности и удельного электрического сопротивления.

Вторая петрофизическая зона, сложенная прожилковыми и вкрапленными рудами, обычно имеет резкую границу с первой. Теплопроводность здесь составляет 2,8 - 4,1 Вт/м.К, плотность в зависимости от содержания сульфидов колеблется от 2,8 до 4,0 г/см³, а удельное электрическое сопротивление на 2-3 порядка выше, чем у колчеданных руд, однако несколько ниже, чем у вмещающих их метасоматитов. Вторая зона постепенно переходит в третью, которая включает в себя кварц-серицитовые и кварц - серицит - хлоритовые метасоматиты. Теплопроводность здесь зависит от соотношения содержания пирита, кварца, серицита и хлорита, теплопроводность которых соответственно равна (19 - 48) Вт/м.К, (6,1 - 9,5) Вт/м.К, (1,2 - 2,5) Вт/м.К и (2,1 - 4,2) Вт/м.К. Удельное сопротивление в пределах третьей зоны несколько повышается, однако обычно в 2-3 раза меньше, чем у вмещающих горных пород. Переход третьей зоны во вмещающие горные породы обычно постепенный: теплопроводность последних обычно составляет (2,3 - 3) Вт/м.К.

ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ОБРАЗЦОВ АМФИБОЛИТА ПРИ ВЫСОКИХ ДАВЛЕНИЯХ И ТЕМ- ПЕРАТУРАХ

Эмиров С.Н., ВНИПИгеотерм, Махачкала

Знание законов, по которым изменяются физические характеристики горных пород и минералов при высоких температурах и давлениях, необходимы для решения ряда проблем геофизики. Поэтому абсолютным, стационарным, компенсационным методом исследованно влияние гидростатического давления до

3,5 кбар и температуры (273 - 423 К) на теплопроводность образцов амфиболита.

Полученные экспериментальные данные показывают, что давление приводит к нелинейному росту величины теплопроводности на 12 - 13 %. Барическая зависимость теплопроводности начинает стремиться к насыщению при P_{II} , величина которого зависит от температуры.

Исследование температурной зависимости теплопроводности образцов амфиболита показало, что оно подчиняется закону Эйкинса при атмосферном давлении. Расчеты показывают, что гидростатическое давление приводит к ослаблению температурной зависимости теплопроводности и отклонению от закона Эйкина.

Наблюдаемый рост теплопроводности образцов амфиболита под влиянием гидростатического давления и объясняется изменением термодинамических параметров и рассеянием тепловых волн на границе блоков поликристаллического вещества.

А В Т О Р С К И Й У К А З А Т Е Л Ь

- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| Абсалямов С.С. 150 | Бахчисарайцев А.Н. 94 |
| Авчян Г.М. 45, 64, 151 | Баж Е.И. 26, 36, 95 |
| Акопян О.К. 128, 129 | Баж И.О. 25 |
| Акопян Р.З. 91 | Бдоян А.А. 27 |
| Акопян С.Ц. 50 | Беллавин О.В. 47 |
| Акулова Р.С. 19 | Белозерова Г.Е. 66 |
| Алейников А.Л. 47 | Березин В.В. 167 |
| Алексеев А.Д. 65, 91 | Богомоллов А.Б. III |
| Алексеев В.А. 37 | Бойко И.А. 91 |
| Алексеев В.В. 57 | Борзунув В.А. 30 |
| Алибеков Г.И. 163 | Борунова Е.Д. 119, 123 |
| Алахвердиев Ш.И. 46 | Бубнова Н.Я. 12 |
| Амирханов Х.И. 129, 163 | Бурангулова З.Т. 115 |
| Андреев В.О. 114 | Буртннй П.А. 34, 148 |
| Антонов Д.В. 151 | Бурыковский Л.А. 67, 68 |
| Аракелян Ф.Ю. 164 | Бухтияров П.Г. 38 |
| Арутюнян А.В. 48 | Вагшалъ Д.С. 47 |
| Арутюнян Р.А. 64 | Валеев К.А. 150, 155 |
| Асатрян Х.О. 114 | Ваноян М.В. 52 |
| Асланян А.Т. 6, 50 | Варданян А.А. 152 |
| Аслизадян А.А. 164 | Варданян С.У. 53 |
| Атоян Р.А. 49 | Ванде-Кирков Д.В. 56 |
| Ахундов У.Х. 92 | Вегунн А.Т. 8, 20 |
| Бабаян Г.Б. 20 | Виноградов А.Н. 133 |
| Багдасаров Н.Ш. 35 | Витовтова В.М. 125 |
| Багринцева К.И. 66 | Воларович М.П. 9, 27, 33, 41 |
| Бадалян С.В. 133 | Ворожбитов М.И. 96 |
| Бакиев Муз.Х. 21, 22, 130 | Воробьева Г.П. 153 |
| Бакиев Мел.Х. 22, 93 | Внква С.А. 40 |
| Балакишиев Ш.А. 23, 46, 51 | Гаврилов Б.Г. 104 |
| Баласанян В.С. 24, 27 | Гаврин В.К. 81 |
| Балбачан М.Я. 131 | Гаджиев М.Ф. 37 |
| Баранов Б.В. 47 | Гаджиев Т.Г. 37, 57 |
| Батырмурзаев А.С.-Ш. 163 | Гаджиев Э.М. 161 |
| Батырмурзаев А.С. 129 | Гаирбеков Х.А. 163 |
| Башкиров Г.Д. 82 | Галдин Н.Е. 29 |

Галимзянов Р.Ф. 12, 13
Галимов А.Л. 123
Ганджумян Р.А. 10
Ганиев Ю.А. 167
Гарагаш И.А. 110
Гаргацев И.О. 129
Гасанов А.Б. 23, 46, 51
Гасанов К.Д. 153
Гасоян М.С. 146
Геворкян М.Г. 133
Генштафт Ю.С. 30, 60
Германович Л.Н. 97
Гребенников Н.П. 19
Гриценко И.А. 19
Гришин А.С. 96, 98
Гусейнов А.А. 129, 134
Данукалов К.Н. 157
Демин В.М. 16, 135
Джеваншир Р.Д. 67
Джафаров И.С. 68
Дыскин А.В. 99
Добрынин В.М. 70, 71
Доломанова Е.И. 146
Дорогиницкая Л.М. 69
Дорофеева Р.П. 165
Дортман Н.Б. 54
Дорфман А.М. 35
Дуброва С.Б. 91
Дьяур Н.И. 31, 95
Ершов Л.В. 97
Есаян А.Р. 140
Ефимова Г.А. 9, 32, 33
Жигалкин В.М. 102
Жорин В.А. 110
Жуков И.В. 32

Закарян К.А. 50
Зарецкий-Феокистов Г.Г. 115
Заворыкина Т.К. 14
Звягинцев Л.И. 100
Зильбершмит М.Г. 14
Зубко А.С. 82
Зубковская Е.И. 71
Ибрагимов А.Х. 22
Иванкина Т.И. 140
Иванова Л.И. 136
Ильев А.Я. 39
Иманов А.А. 72, 92
Индутный В.Ф. 81
Исаева М.И. 153, 161
Исмаил-заде А.Д. 55
Исмаил-заде Т.А. 57
Качарманов Н.Ф. 96
Калинин В.А. 11, 20, 117
Караханян А.С. 50
Каркошкин А.И. 57
Карманский А.Т. 73, 102
Кеммерих О.А. 71
Керимов К.М. 74
Киликян В.А. 56
Ким А.В. 93
Кирееenkova С.М. 39, 41
Коболев В.П. 165
Козырев А.И. 56
Колпакова Г.И. 107
Кольцов А.В. 114
Коростелев В.М. 167
Корчин В.А. 14, 34
Красовский С.С. 33
Кременецкий А.А. 9
Кременецкая Г.П. 9
Кречетова Т.Н. 75

- Кузнецов О.Л. 29
Кузнецов Ю.И. 29
Куксенко В.С. 103
Куликов Б.Н. 70
Куликова Е.В. 146
Кусков О.Л. 12, 13
Кутас Р.И. 165
Кучинка Г.Д. 81
Лакштанов Л.З. 136
Лепидус И.В. 9
Лахнюк В.М. 81
Лебедев Е.Б. 35
Лебедев Т.С. 14, 34, 137
Левыкин А.И. 37, 142
Левина А.Б. 98
Левитова Ф.М. 36
Лившиц Л.Д. 104, 110
Лизун С.А. 143
Лось В.Ф. 135
Любимова Е.А. 167
Ляховицкий Ф.М. 76
Магид М.Ш. 58
Майбук Э.-Ю.Я. 16
Максимочкин В.И. 154, 155
Малхасян К.Т. 45, 79
Мамедов А.Л. 138, 144
Мамедов В.С. 92
Мамедова М.Н. 46
Манжиков Б.Ц. 103
Мансуров В.А. 105, 107
Манукян А.В. 64
Марков В.К. 106
Маркосян Г.Г. 156
Маркосян Г.В. 64
Марморштейн Л.М. 77, 78
Маслеников А.И. 167
Матвеев А.А. 107
Махмудов С.А. 46
Медведев В.Н. 107
Мелюс А.Н. 65
Мехтиева С.И. 37
Мигранова С.Г. 150
Микаелян А.О. 50, 108
Микаелян Э.Л. 45
Минасян А.В. 109
Мкртчян С.А. 139
Мовсесян Р.А. 7
Моисеенко У.И. 59
Молявко В.Г. 40
Морозов В.Н. III, 123
Муминов А.С. 80
Мурогов М.М. 85, 86
Мурмашатов А. 142
Нагапетян В.В. 151
Наумова Е.В. 9
Никитин А.Н. 140
Николаевский В.Н. 110
Николаенко В.И. 81
Новик Г.Я. 14, III
Норель Б.К. 112
Носик Л.П. 146
Носкевич В.В. 135
Оганесян С.Р. 156
Осипов Р.Р. 156
Паносян В.Г. 94
Пархоменко Э.И. 15, 141, 142
Персигов Э.С. 38
Петкевич Г.И. 82, 143
Петров Л.П. 71
Петрова Г.Н. 157
Петросян М.И. 113

- Писакин Б.Н. 158
Половинкин Б.В. 34
Попов А.А. 39
Попов Ю.А. 167, 169
Притулко Г.И. 83
Прищепов В.Ф. 106
Прияткин А.А. 158
Продайвода Г.Т. 40
Прос З. 26
Рассказова И.И. 89
Реева В.Н. 91
Родкин М.В. 11
Ромушкевич Р.А. 167
Русаков О.М. 148
Русакова Е.И. 146
Рязанцев Н.А. 91
Сабурова Л.Е. 71
Савенко Б.Я. 159, 160
Салганик Р.Д. 99
Салехли Т.М. 74, 144
Салтыковский А.Я. 60
Салтыковский В.А. 168
Саркисова А.С. 153
Саттаров М.М. 55, 60
Сафаров И.Б. 41
Семерчан А.А. 106
Сергеев Л.А. 90
Сереброва Н.Н. 65
Сизоненко В.С. 143
Симонян С.С. 145
Симонян А.О. 156
Синяков И.З. 42
Скворцова Э.А. 85, 86
Слюсарев С.В. 161
Соболев Г.А. 16, 114
Соловьев Г.А. 167, 169
Солдак А.Г. 84
Ставрогин А.Н. 115, 116
Старчевский-Сахаров В.Г. 160
Стаховская З.И. 108, 114
Стаховский И.Р. 117
Стефанкевич З.Б. 85, 86, 107
Танов Г.Н. 115
Тарасов Б.Г. 116
Татевосян Л.К. 64
Тер-Хачатурова Г.С. 107
Тонкова Э.А. 119, 123
Томашевская И.С. 100, 117
Тоноян Т.В. 156
Турурскиновский Л.М. 12, 13
Тюремнов В.А. 62, 133
Тютнева Г.К. 146
Ульянова Е.В. 65
Усова О.М. 102
Успенская А.Б. 146
Фабер И. 137
Фарберов А.И. 56
Фиолко А.И. 84
Фомин А.А. 87
Фройнд Д. 137
Халафов А.А. 161
Хамидуллин Н.Н. 120
Хамидуллин Я.Н. 43, 100
Хатиашвили Н.Г. 120, 128
Хелмицкий Н.Н. 147
Хесин Б.Э. 57
Хитаров Н.И. 12, 13, 35
Хитаров А.М. 88
Хоботько А.А. 157
Христолюбов В.Д. 111, 123
Чанышев А.И. 122
Челидзе З.Т. 120

Челидзе Т.Л. 17
Черноглазов В.Н. 70
Чирков С.Е. 124
Шевченко В.И. 34
Шепель С.И. 137,148
Шершуков П.В. 88
Шмонов В.М. 125
Штрайхер В.И. 40
Эйгелес Р.М. 96,98
Юргенсон В.А. 78
Юханян А.К. 8,27,62
Ягудин А.Ф. 155

Чепкин В.Н. 65
Чернышев В.Ф. 119,123
Шагинян Г.Ш. 8,27
Шемякин Е.И. 102
Шеремета О.В. 82
Шимигин С.И. 89
Штепан А.Р. 143
Щербаненко А.Н. 69
Эмиров С.Н. 170
Юрель Г.Н. 73,126
Ягодкин В.А. 90

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	стр. 5
----------------	--------

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Асланян А. Т. Новая модель вещественного состава и внутреннего строения Земли	6
Мовсисян Р. А. Применение новых геодезических методов и критериев для определения вертикальных и горизонтальных деформаций земной поверхности с целью прогнозирования землетрясений	7
Векуни А. Т., Шагинян Г. Ш., Дханян А. К. Проблемы построения региональных петрофизических моделей глубинного строения земной коры	8
Воларович М. П., Ефимова Г. А., Наумова Е. В., Кременецкий А. А., Кременецкая Г. П., Лapidус И. В. Геологическая природа сейсмических границ по данным изучения керна сверхглубоких скважин при высоких р и Т ..	9
Ганджумян Р. А. Применение методов планирования эксперимента при исследовании физических свойств горных пород	10
Калинин В. А., Родкин М. В. О возможной природе тектонически ослабленных зон в литосфере. . .	11
Кусков О. Л., Галимзянов Р. Ф., Трускиновский Л. М., Хитаров Н. И., Бубнова Н. Я. Уравнения состояния минералов при сверхвысоких давлениях и температурах	12
Кусков О. Л., Трускиновский Л. М., Галимзянов Р. Ф., Хитаров Н. И. Плотности минералов и горных пород и распределение температуры в переходной зоне мантии	13
Лебедев Т. С., Новик Г. Я., Корчин В. А., Зильбершмит М. Г., Зворыкина Т. К. Влияние остаточных напряжений и структурных изменений на упругие свойства пород, претерпевших воздействия р и Т	14

П а р х о м е н к о Э.И. О корреляционных связях между физическими параметрами окислов щелочно - земельных материалов , а также галогенидов.	15
С о б о л е в Г.А., Д е м и н В.М., М а й б у к З - Ю.Я. Комплексные исследования свойств полиметаллических рудных тел, возбужденный упругой волной взрыва	16
Ч е л и д з е Т.Л. Перколяционные переходы и их роль в геофизике и петрофизике	17

УПРУГИЕ И ПЛОТНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

А к у л о в а Р.С., Г р и ц е н к о И.А., Г р е б е н - н и к о в Н.П. Влияние температуры до 200°С на скорости продольных волн в слоях при гидростатическом давлении	19
Б а б а я н Г.Б., В е г у н и А.Т., К а л и н и н В.А. Методика изготовления дисперсных моделей минералов и горных пород	20
Б а к и е в Муз.Х. Изменения скоростей продольных волн в гранитах разных регионов при квазигидростатических давлениях до 1 ГПа.	21
Б а к и е в Муз.Х., И б р а г и м о в А.Х., Б а к и е в Мел.Х. Влияние свойства горных пород Узбекистана.	22
Б а л а к и ш и е в Ш.А., Г а с а н о в А.Б. Воздействие Р и Т на стабильность серпентинитов и габбро-норитов.	23
Б а л а с а н я н В.С. Причины анизотропии скоростей продольных волн в гранитоидах при высоких термодинамических условиях	24
Б а ю к Б.И., П р о с З. Распределение скоростей продольных волн в монокристалле олигоклаза при высоких давлениях	25
Б а ю к И.О. Определение упругих свойств горных пород по свойствам породообразующих минералов	26
Б д о я н А.А., Ю х а н я н А.К., Ш а г и н я н Г.Ш. Изготовление ячеек высокого давления для камер "цилиндр-поршень" методом прессования порошков	27

- В о л а р о в и ч М.П., Б а л а с а н я н В.С. Зависимость скоростей продольных волн у гранитоидов Армении при высоких P, T - условиях от возраста, минерального состава и структурных различий 27
- Г а л д и н Н.Е., К у з н е ц о в О.Л., К у з н е ц о в Ю.И. Физические свойства горных пород при высоких давлениях и температурах как петрофизическая основа системы "Земля - скважина" (на примере скважины СТ-3) . . . 29
- Г е н ш а ф т Ю.С., Б о р з у н о в В.А. Экспресс-метод определения сжимаемости твердых тел при высоких давлениях и температурах 30
- Д ъ я у р Н.И. Анизотропия скоростей продольных волн в горных породах при сложном напряженном состоянии. . 31
- Е ф и м о в а Г.А., Ж у к о в И.В. Определение частотных характеристик затухания продольных волн в образцах некоторых пород при высоких давлениях 32
- К р а с о в с к и й С.С. Корреляционные зависимости $\sigma = (\quad)$ для различных типов пород и их использование при гравитационном моделировании 33
- Л е б е д е в Т.С., К о р ч и н В.А., П о л о в и н к и н Б.В., Б у р т ы й П.А., Ш е в ч е н к о В.И. Упругие характеристики пород из сложонапряженных зон земной коры в различных термобарических условиях 34
- Л е б е д е в Е.Б., Д о р ф м а н А.М., Б а г д а с а р о в Н.Ш., Х и т а р о в Н.И. Влияние воды на температурную зависимость плотности базальтового расплава под давлением до 500 МПа 35
- Л е в и т о в а Ф.М., Б а ю к Е.И. Выделение щелочных пород в интрузиях Сибирской платформы по физическим свойствам пород при высоких P и T 36
- Л е в и к и н А.И., А л е к с е е в В.А., Г а д ж и е в М.Ф., М е х т и е в а С.И., Г а д ж и е в Т.Г. Скорость ультразвуковых продольных волн и сжимаемость в твердых растворах системы $e - Te$ при давлениях до 2 ГПа 37
- П е р с и к о в Э.С., Б у х т и я р о в П.Г. Механизм аномалии барической зависимости вязкости магматических расплавов 38

- П о п о в А.А., И л ь е в А.Я., К и р е е н к о в а С.М.
Исследование скорости упругих волн эффузивных пород се-
веро-восточной части Индийского океана. 39
- П р о д а й в о д а Г.Т., М о л я в к о В.Г., В ы ж в а
С.А., Ш т р а й х е р В.И. Исследование анизотропии
тензорных акустических характеристик и линейного распе-
рения осадочных горных пород при температуре до 600°C. .40
- С а ф а р о в И.Б., К и р е е н к о в а С.М., В о л а р о -
в и ч М.П. Зависимость упругих характеристик глубинных
пород при высоких давлениях от их минерального состава. .41
- С и н я н о в И.З. упругие волны в некоторых кварц-кар-
бонатных породах при высоких давлениях 42
- Х а м и д у л л и н Я.Н. Возможность распространения сей-
смической энергии с помощью солитон-подобного механизма.43

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИЧЕС- КИХ СВОЙСТВ ГОРНЫХ ПОРОД

- А в ч я н Г.М., М а л х а с я н К.Т., М и к а е л я н
В.Л. Оценка напряженного состояния оползневого склона
по петрофизическим параметрам 45
- А л л а х в е р д и е в Ш.И., Б А Л А К И Ш И Е В Ш.А.,
М А Х М У Д О В С.А., Г А С А Н О В А.Б., М А М Е Д О В
М.Н. Палеотермодинамические условия формирования офио-
литов Малого Кавказа 46
- А л е й н и к о в А.Л., Б а р а н о в Б.В., Б е л л а в и н
О.В., В а г ш а л ь Д.С. Физические свойства древних
комплексов и проблема интерпретации геофизических по-
лей на Урале 47
- А р у т ю н я н А.В. Глубинное строение, состав и некоторые
процессы в недрах Земли в свете исследований физико-ме-
ханических свойств горных пород при высоких давлениях
и температурах 48
- А т о я н Р.А. Петрофизическая оценка горных пород, при-
лежащих к Мисханскому глубинному разлому (Арм.ССР)....49
- А с л а н я н А.Т., К а р а х а н я н А.С., М и к а е л я н
А.О., А к о п я н С.Ц., З а к а р я н К.А. О распе-
делении горизонтальных неоднородностей в верхней мантии
тавро-кавказского региона по геолого-геофизическим данным.50

Б а л а к и ш и е в Ш.А., Г а с а н о в А.Б. Вариации плотности горных пород при высоких давлениях и интерпретация гравитационного поля в пределах депрессионных зон Азербайджана	51
В а н о я н М.В. Петрофизическая характеристика гипер-базитов	52
В а р т а н я н С.Ц. Физико-механические свойства горных пород и руд месторождений цветных и благородных металлов Армянской ССР	53
Д о р т м а н Н.Б. Региональная петрофизическая характеристика некоторых структур континентальной и океанической земной коры	54
И с м а и м - З а д е А.Д., С а т т а р о в М.М. Физико-химические особенности кристаллизации титаномagnetитов и некоторые вопросы петрогенезиса щелочных базальтоидов	55
К о з ы р е в А.И., Ф а р б е р о в А.И., К и л и к я н В.А. Соотношение между физическими свойствами и составом пород некоторых активных вулканов Камчатки	56
К а р к о ш к и н А.И., Х е с и н Б.Э., И с м а и л - З а д е Т.А., Г а д ж и е в Т.Г., А л е к с е е в В.В. Региональное петрофизическое картирование Азербайджана	57
М а г и д М.Ш. Методика построения глубинных петрофизических разрезов земной коры	58
М о и с е е н к о У.И. Температурное поле земной коры и физическое состояние земных недр	59
С а т т а р о в М.М., Г е н ш а ф т Ю.С., С а л т ы к о в с к и й А.Я. Петрогенетическая информативность экспериментально определенных ликвидусных температур магматических пород	60
Т ю р е м н о в В.А. Петрофизическая модель земной коры северо-западной части Кольского полуострова	62
Ю х а н я н А.К. Экспериментальное моделирование глубинных процессов и состава земной коры неовулканической зоны Армении	62

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД КОЛЛЕКТОРОВ

- А в ч я н Г.М., Т а т е в о с я н Л.К., А р у т ю н я н Р.А., М а н у к я н А.В., М а р к о с я н Г.В. Природа понижения фельзитовых туфов при их насыщении...64
- А л е к с е е в А.Д., М е л ь с А.Н., С е р е б р о в а Н.Н., У л ь я н о в а Е.В., Ч е п к и н В.Н. Изучение сорбционных свойств пород - коллекторов нефтяных месторождений методом ЯМР 65
- Б а г р и н ц е в а К.И., Б е л о з е р о в а Г.Е. Неоднородность литофизических свойств карбонатных пород-коллекторов нефти и газа 66
- Б у р я к о в с к и й Л.А., Д ж е в а н ш и р Р.Д. Региональные закономерности трансформации глинистых минералов в аномальных термобарических условиях 67
- Б у р я к о в с к и й Л.А., Д ж а ф а р о в И.С. Статистическая зависимость удельного электрического сопротивления горных пород от давления, температуры и состава цемента 68
- Д о р о г и н и ц к а я Л.М., Щ е р б а н е н к о А.Н. Влияние двухосного сжатия на скорости упругих волн и динамический коэффициент Пуассона пород коллекторов...69
- Д о б р ы н и н В.М., К у л и к о в Б.Н., Ч е р н о г л а з о в В.Н. Влияние термобарических условий на физические свойства сложных коллекторов Тюменской свиты Западной Сибири 70
- Д о б р ы н и н В.М., К е м м е р и х О.А., П е т р о в Л.П. Изучение диффузионно-адсорбционной и фильтрационной активности горных пород при высоких давлениях и температурах 71
- З у б к о в с к а я Е.И., С а б у р о в а Л.Е. Петрофизические преобразования глин Салымского нефтяного месторождения в условиях давления и сдвига 71
- И м а н о в А.А. Выявление зон равных напряжений и прогнозирование параметров пласта и свойств пород на большие глубины 72

- Карманский А.Т., Юрель Г.Н. Фильтрационные свойства и сжимаемость горных пород при сложном напряженном состоянии 73
- Керимов К.М., Салехли Т.М. Влияние термобарических условий залегания на коллекторы нефти и газа в депрессионных областях Альпийского юга СССР. 74
- Кречетова Т.Н. Оценка изменений физических характеристик поровых коллекторов в условиях неравномерного сжатия данным об их упругих постоянных и структурном коэффициенте 75
- Ляховицкий Ф.М. Скорости продольных волн второго рода в глубокозалегающих коллекторах 76
- Марморштейн Л.М. Исследование физических свойств осадочных нефтегазонасыщенных пород при высоких давлениях и температурах 77
- Марморштейн Л.М., Юргенсон В.А. Изучение структуры порового пространства под давлением. . . 78
- Малхасян К.Т. Оценка внутривисочного давления, возникающего вследствие упругого сжатия в породах очага неглубокофокусного землетрясения 79
- Муминов А.С. Влияние неравномерного объемного сжатия на электрическое сопротивление осадочных пород. 80
- Николаенко В.И., Гавриш В.К., Индунный В.Ф., Кучинка Г.Д., Лахнюк В.М. Влияние термодинамических факторов на фильтрационные свойства пород в процессе рудогенеза 81
- Петкевич Г.И., Башкиров Г.Д., Зубко А.С., Шеремета О.В. Методика построения петрофизических моделей для оценки и прогнозирования емкостно-фильтрационных свойств пород-коллекторов для пластических условий 82
- Притулко Г.И. Пространственное изменение коллекторских свойств осадочных пород Днепровско-Донецкой впадины 83
- Солдак А.Г., Физалко А.И. Исследование влияния анизотропного напряженного состояния на проницаемость горных пород Днепровско-Донецкой впадины. 84

- Стефанкевич З.Б., Скворцова З.А., Мурогов М.М. Составление результатов исследования петрофизических параметров на образцах различного размера в термобарических условиях 85
- Стефанкевич З.Б., Скворцова З.А., Мурогов М.М. Экспериментальное изучение влияния величины депрессии на фильтрационные свойства коллекторов 86
- Фомин А.А. Оценка коллекторских свойств карбонатных пород на больших глубинах по деформационно-прочностным свойствам 87
- Хитров А.М., Шершук П.В. Исследование физических свойств пород коллекторов и экранов Севера Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции в условиях, приближенных к пластовым 88
- Шишигин С.И., Рассказова И.И. Зависимости акустических свойств от коллекторских для песчано-алевритовых пород мезозоя Западно-Сибирской равнины при высоких давлениях 89
- Ягодкин В.А., Сергеев Л.А. Сопоставление и , измеренных в условиях естественного залегания и на образцах при условиях близких к пластовым. 90

ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

- Акопян Р.З. Сравнительный анализ исследования анизотропии горных пород на модельных геологических разрезах и отдельных образцах 91
- Алексеев А.Д., Дуброва С.Б., Ревва В.Н., Рязанцев Н.А., Бойко И.А. Прочность и деформируемость осадочных горных пород при высоких давлениях 91
- Ахундов У.Х., Иманов А.А., Мамедов В.С. Влияние всестороннего и порового давлений на процесс деформации и разрушения горных пород 92
- Бакиев Мелис. Х., Ким А.В. Физические свойства горных пород Узбекистана в условиях сложно-напряженного состояния 93

Бахчисарайцев А.Н., Паносян В.Г. К методике оценки прочностных свойств горных пород . . .	94
Баяк Е.И., Дбяур Н.И. Влияние деформирования на акустические характеристики горных пород при различных боковых напряжениях	95
Ворожбитов М.И., Гришин А.С., Кагарманов Н.Ф., Эйгелес Р.М. Изменение сопротивляемости горных пород разрушению в условиях сверхглубокой скважины	96
Германович Л.Н., Ершов Л.В. Микроразрушения в зернах горных пород при высоких давлениях и температуре	97
Гришин А.С., Левина А.Б., Эйгелес Р.М. Определение деформационных и прочностных свойств горных пород при моделировании их состояния под действием объемных и поверхностных сил	98
Дыскин А.В., Салганик Р.Л. Модель неупругого увеличения объема трещиноватых скальных пород при одноосном сжатии	99
Звягинцев Л.И., Томашевская И.С., Хамидуллин Я.Н. Изменение физических свойств габброидов при деформации	100
Жигалкин В.М., Усова О.М., Шемякин Е.И. Влияние истории нагружения на характер упрочнения пластического материала	102
Карманский А.Т. Влияние вида напряженного состояния на фильтрационные свойства углей	102
Куксенко В.С., Манжиков Б.Ц. Влияние пластичности горных пород на закономерности выделения упругой энергии при их деформировании	103
Лившиц Л.Д., Гаврилов Б.Г. Изолированные и открытые источники акустической эмиссии	104
Мансуров В.А. Остаточная прочность горных пород в условиях сложнапряженных состояний	105
Марков В.К., Прищепов В.Ф., Семерчан А.А. Изучение распределения усилия по площади опоры при механических испытаниях крупных образцов горных по-	

род	106
Матвеев А.А., Стефанкевич З.Б., Колпакова Г.И., Тер-Хачатурова Г.С. Влияние напряженно-деформированного состояния пород на их свойства в околоскважинной зоне Вать-еганс- кой и Талинской площадей	107
Медведев В.Н., Мансуров В.А. Связь процессов разрушения в горных породах с прочностными и деформа- ционными свойствами при высоких давлениях	107
Микаелян А.О., Стаховская З.И. Неко- торые особенности разрушения сухих и влагонасыщенных пород	108
Минасян А.В. Разрыв сплошности и кинематических параметров движения горных пород в эпицентральных зонах сильных землетрясений	109
Николаевский В.Н., Дившиц Л.Д., Гара- ган И.А., Жорин В.А. Сверхпластичное течение материала внутри разлома	110
Новик Г.Я., Морозов В.Н., Христолю- бов В.Д., Богомоллов А.Б. Высокотемператур- ная релаксация напряжений в горных породах	111
Норель Б.К. Особенности деформирования и разруше- ния горных пород и углей при всестороннем сжатии	112
Петросян М.И. К изучению деформационно-прочност- ных свойств напряженно-деформируемого массива при взрывной нагрузке	113
Соболев Г.А., Асатрян Х.О., Андреев В.О., Стаховская З.И., Кольцов А.В. Экспериментальное изучение подвижки в компонентных образцах при фазовом переходе	114
Ставрогин А.Н., Зарецкий И.Феокти- стов Г.Г., Танов Г.Н. Исследование механизма запредельного деформирования горных пород с помощью акустической эмиссии	115
Ставрогин А.Н., Тарасов Б.Г. Обмен энер- гией между нагружающей системой и разрушаемым мате- риалом при динамическом неуправляемом процессе разру- шения	116

- С та х о в с к и й И.Р. Поля плоских деформаций поверхности образцов горных пород и модельных материалов при подготовке разрушения. II7
- Т о м а ш е в с к а я И.С., К а л и н и н В.А. Деформационно - прочностные свойства кварцесодержащих пород при температуре - перехода в кварце. . . II7
- Т о н к о в а Э.А., Ч е р н ы ш е в В.Ф., Б о р у н о - в а Е.Д. Физико-механические свойства и деформации магматических горных пород, испытанных при высоких давлениях и температурах II9
- Х а м и д у л л и н Н.Н. Нелинейно-наследственное описание деформации горных пород при совместном воздействии всестороннего давления и одностороннего сжатия. I20
- Х а т и а ш в и л и Н.Г., Ч е л и д з е З.Т. О связи амплитудно-частотной характеристики кристалла со спектрами акустического и электромагнитного излучения при разрушении I20
- Ч а н ы ш е в А.И. Об одной модели упруго-пластичного деформирования горных пород I22
- Ч е р н ы ш е в В.Ф., Г а л я м о в А.Д., Т о н к о - в а Э.А., Б о р у н о в а Е.Д., М о р о з о в В.Н.
- Х р и с т о л ю б о в В.Д. Изучение механизма деформирования мрамора в условиях циклического нагружения и высокой температуры I23
- Ч и р к о в С.Е. Деформирование трещиноватых горных пород в условиях трехосного сжатия I24
- Ш м о н о в В.М., В и т о в т а в а В.М. Проницаемость горных пород при высоких температурах и давлениях I25
- Ю р е л ь Г.Н. Механизм деформационных преобразований полимиктовых песчаников при высоких давлениях. I26

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

- А к о п я н О.К., Х а т и а ш в и л и Н.Г. Влияние длительности статического нагружения на электрические свойства дисперсных горных пород I28

- А к о п я н О.К. Корреляционные связи между анизотропией электросопротивления и скорости продольных волн магматических пород при температурах до 1000°C 129
- А м и р х а н о в Х.И., Г у с е й н о в А.А., Б а т ы р - м у р з а е в А.С., Г а р г а ц е в И.О. Особенности электропроводности мусковитов при высоких температурах 129
- Б а к и е в Муз. Х. Электрические свойства пород орогенной области Узбекистана при высоких температурах..130
- Б а л б а ч а н М.Я. Исследования электретоного состояния горных пород, возникающего при разрушении.....131
- В и н о г р а д о в А.Н., Т ю р е м н о в В.А. Электропроводность метаморфических пород Кольского полуострова при высоких температурах 133
- Г е в о р к я н М.Г., Б а д а л я н С.В. Цифровой измеритель физических свойств (ПИФС - Ц) 133
- Г у с е й н о в А.А. Методика измерения электропроводности глауконитов при высоких температурах 134
- Д е м и н В.М., Л о с ь В.Ф., Н о с к е в и ч В.В. Определение строения и минерального состава руд по радиоимпульсному излучению в лаборатории и шахтах с помощью взрыва 135
- Д а к ш т а н о в Л.З., И в а н о в а Л.И. Электроповерхностные свойства горных пород и искусственных пористых сред в гидротермальных условиях 136
- Л е б е д е в Т.С., Ш е п е л ь С.И., Ф а б е р И., Ф р о й н д Д. Электрические свойства некоторых пород при высоких давлениях (до 5,6 ГПа) и температурах (до 300°C) 137
- М а м е д о в А.Л. Электрические характеристики гранитоидов Малого Кавказа при температурах до 1000°C . . . 138
- М к р т ч я н С.А. О характере изменения электросопротивления CaCO_3 при высоких давлениях и температурах . .139
- Н и к и т и н А.Н., И в а н к и н а Т.И., Е с а я н А.Р. Тектонические условия образования пьезоэлектрических текстур кварцсодержащих горных пород 140

- П а р х о м е н к о В.И., Д а н у к а л о в К.Н. Влияние времени и давления на электрические и магнитные характеристики сидеритов при высоких температурах....I41
- П а р х о м е н к о В.И., Л е в ы к и н А.И., М у р - м а м а т о в А. О корреляционных связях между упругими и электрическими характеристиками гранит-диоритовых пород Памиро-Алайского региона I42
- П е т к е в и ч Г.И., Л и з у н С.А., С и з о н е н к о В.С., Ш т е п а н А.Р. Термобаровакуумные методы исследований в петрофизике I43
- С а л е х л и Т.М., М а м е д о в А.Л. Электрические свойства вулканогенных пород вскрытых Саатлинской СТ - I при различных термических условиях I44
- С и м о н я н С.С. Сейсмoeлектрический эффект E водосодержащих базальтов в зависимости от скорости деформирования I45
- У с п е н с к а я А.Б., Д о л о м а н о в а Е.И., Н о с и к Л.П., Г а с о я н М.С., К у л и к о в а Е.В., Р у с а к о в а Е.И., Т ю т н е в а Г.К. Комплексное исследование физических свойств жильного кварца различного генезиса при высоких температурах I46
- Х е л м и ц к и й Н.Н. Связь поляризуемости пород с напряженным состоянием массива I47
- Ш е п е л ь С.И., Б у р т ы й П.А., Р у с а к о в О.М. Термобарические изменения электрических свойств осевых пород дна Индийского океана I48

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА

ГОРНЫХ ПОРОД

- А б с а л я м о в С.С., В а л е е в К.А., М и г р а н о - в а С.Г. Магнитные свойства базальтов Красного моря при повышенных давлениях и температурах I50
- А в ч я н Г.М., Н а г а п е т я н В.В. Влияние циклической нагрузки и длительности воздействия давления на изменение магнитных параметров базальтов Армении.....I51
- А н т о н о в Д.В., С л ю с а р е в С.В. Зависимость магнитной восприимчивости железистых кварцитов от давления напряженности магнитного поля I51

В а р д а н я н А.А. Об одной палеомагнитной аномалии в Армении	152
И с а е в а М.И., В о р о б ъ е в а Г.П., Г а с а н о - в а К.Д., С а р к и с о в а А.С. Магнетизм некото- рых юрских и меловых пород офиолитовой зоны Малого Кавказа	153
М а к с и м о ч к и н В.И. Процесс образования термо- остаточной намагниченности базальтов при высоких квазивсесторонних давлениях	154
М а к с и м о ч к и н В.И., В а л е е в К.А., Я г у - д и н А.Ф., Б у р а н г у л о в а З.Т. Индуктив- ная и пьезонамагниченность магнетита при высоких дав- лениях и температурах	155
М а р к о с я н Г.Г., О г а н е с я н С.Р., Т о н о я н Т.В. О связи направления магнитного поля со скоростью продольных упругих волн в дискообразных образцах ба- зальтов	156
О г а н е с я н С.Р., С о м о н я н А.О. Релаксация магнитоупругого эффекта в четвертичных базальтах Ге- гамского хребта	156
П е т р о в а Г.Н., Д а н у к а л о в К.Н., Х о б о т ь - к о А.А. Изменение магнитных характеристик искусствен- ного маггемита при высоких квазигидростатических дав- лениях и нагреве до 250°C	157
П и с а к и н Б.Н., П р и я т к и н А.А. Термомагнит- ный индикатор выветривания магнетита	158
С а в е н к о Б.Я. Изменения с глубиной остаточной на- магниченности некоторых пород Украины	159
С а в е н к о Б.Я., С т а р ч е в с к и й И. Сахаров В.Г. Магнитные параметры базальтов в различных Р,Т - условиях опытов	160
Х а л а ф о в А.А., И с а е в а М.И., Г а д ж и е в Э.М. Исследования магнитных параметров вулканогенных об- разований Коньяк - Сантана Малого Кавказа при высоких температурах	161

ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

- Амирханов Х.И., Батырмурзаев А.С.-Ш,
Гаирбеков Х.А., Алибеков Г.И.,
Теплопроводность горных пород при высоких термоба-
рических условиях 163
- Аракелян Ф.О., Аслизян А.А. О возмож-
ности использования геотермических исследований при
сейсмическом районировании территории Армянской ССР..164
- Дорофеева Р.П. Теплопроводность земной коры юга
восточной сибиря 165
- Кобелев В.П., Кутас Р.И. Новый методический
подход к исследованию и геологической интерпретации
теплофизических параметров горных пород..... 166
- Любимова Е.А., Ганиев Ю.А., Маслен-
ников А.И. О влиянии давления и температуры на
теплопроводность пород - эвапоритов 167
- Ромушкевич Р.А., Попов Ю.А., Соловь-
ев Г.А., Березин В.В., Коростелев
В.М. Изучение теплопроводности породообразующих
минералов 168
- Салтыковский В.А. Локализация контактов жиль-
ного кварца с вмещающими породами по величине их
теп.опрводности 169
- Соловьев Г.А., Попов Ю.А. Теплопроводность
и другие физические свойства горных пород и руд некото-
рых колчеданных месторождений 170
- Эмиров С.Н. Исследования теплопроводности образ-
цов амфиболита при высоких давлениях и температурах..171
- Авторский указатель 172

Заказ 439 В507244 Тираж 500

Подписано к печати 05.04.85 г.

Сдано в производство 24.04.85 г.

Формат 60x84 1/16. п/л 12,5, изд/л 9,2. Цена 1р. 35коп.

Копировально-множительное производство

Ереванского политехнического инс-та им. К. Маркса,

ул. Теряна 105.

Цена Гр. 35коп.

500гр.

5655