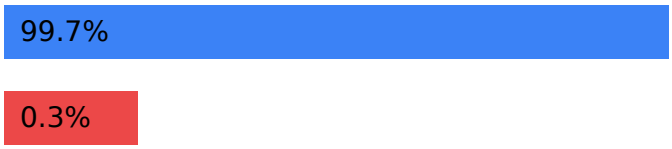
Отчёт AI Detector

Aidetector.ru



Дата/время: 2026-11-23 09:29:44
Пресет: Сбалансированный | Чувствительность: 5/10 (степень=1.33)
Пороги: оранжевый=0.68, красный=0.96
Мин. длина подсветки: 100 символов
Процент ИИ (по доле подсветки): 0.3%

Быстрые признаки

TTR (лекс. разнообразие): 0.488
Стоп-слова (доля): 0.187
Длинные слова ≥12 (доля): 0.169
Повторы 3-грамм: 0.038
Повторы 4-грамм: 0.018
Клише на 1000 слов: 1.179
Сред. длина предложения (слов): 10.680
Дисперсия длины предложений: 108.812

Текст с подсветкой (по предложениям)

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «_____» Кафедра _____ РЕФЕРАТ по дисциплине «Разработка месторождений строительных материалов» на тему:
«Метаморфические горные породы и их классификация» Выполнил: студент группы _____ Ф.И.О.
_____ Проверил:
_____ Москва — 2026 !-- mashagpt:page-break -- ОГЛАВЛЕНИЕ
РазделСтр.
ВВЕДЕНИЕ3 Глава 1.
ГЕНЕЗИС МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД5 1.1.
Понятие метаморфизма.
Факторы и условия процесса5 1.2.
Региональный метаморфизм8 1.3.
Локальный метаморфизм:
контактовый, дислокационный, ударный10 Глава 2.
ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ, СТРУКТУРА И ТЕКСТУРА13 2.1.
Минеральный состав метаморфических пород13 2.2.

Структуры метаморфических пород15 2.3.
Текстуры и их диагностическое значение17 Глава 3.
КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД19 3.1.
Принципы построения классификации19 3.2.
Породы контактового метаморфизма20 3.3.
Породы дислокационного метаморфизма22 3.4.
Породы регионального метаморфизма и фациальная зональность23 Глава 4.
МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ КАК СЫРЬЁ И ОБЪЕКТ РАЗРАБОТКИ26 4.1.
Практическое применение в строительной отрасли26 4.2.
Методика изучения пород при разведке месторождений28 4.3.
Возможности моделирования метаморфических процессов30 ЗАКЛЮЧЕНИЕ32
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ34 ПРИЛОЖЕНИЕ А35 !-- mashagpt:page-break -- ВВЕДЕНИЕ Метаморфические горные породы составляют третью, наряду с магматическими и осадочными, генетическую группу пород, слагающих земную кору.

Ими сложены фундаменты практически всех древних платформ, их выходы на дневную поверхность — щиты, а также ядра складчатых сооружений.

Для строительной отрасли эта группа пород представляет не только теоретический, но и прямой практический интерес:

мрамор, кварцит, гнейс, гранитогнейс, кровельные сланцы и тальковый камень выступают либо объектами разработки, либо вмещающими породами и строительным основанием, свойства которого определяют инженерные решения.

Классификация метаморфических горных пород — это предмет, в котором нет и не может быть одного универсального основания деления.

В отличие от магматических пород, где определяющим признаком выступает химический состав и условия кристаллизации расплава, метаморфические породы описываются одновременно по нескольким независимым координатам.

Первая из них — минеральный состав породы, отражающий её химизм и термодинамические условия.

Вторая — структура, то есть форма, размер и степень изометричности зёрен, дающая представление о соотношении кристаллизации и деформации.

Третья — текстура, то есть взаимное расположение составных частей в объёме породы, наиболее информативный признак для полевой диагностики, поскольку сланцеватость, полосчатость и плойчатость возникают именно при направленном давлении.

Четвёртая координата — тип и интенсивность метаморфизма, связывающие породу с конкретным геологическим процессом:

внедрением интрузии, формированием надвига, погружением в складчатую систему или ударным событием.

Именно поэтому в современной петрографии используется несколько параллельных классификаций.

Классификация по генезису типу метаморфизма разделяет породы на регионально- и локально-метаморфизованные.

Классификация по характеру исходного материала по родоначальным породам выделяет ортопороды, образованные за счёт магматических предшественников, и парапороды, возникшие при преобразовании

осадочных образований.
Метаморфическая фациальная классификация, разработанная в XX веке, ставит в основу поля температур и давлений и позволяет количественно оценить условия преобразования.
Минералогическая классификация по ведущим минералам-индикаторам применяется для картографирования метаморфической зональности.
Наконец, прикладные классификации, действующие в нормативных документах по строительным материалам, опираются на прочностные и декоративные показатели, а не на генезис.
Такой многоуровневый подход отражает специфику объекта:
одна и та же порода, например биотитовый гнейс, может быть одновременно охарактеризована как регионально-метаморфическая по генезису, как парапорода по исходному материалу, как порода амфиболитовой фации и как высокопрочный строительный камень.
Понимание этой системы соответствий необходимо для корректного чтения как геологической литературы, так и технических условий на нерудное сырьё.
Цель работы — систематизировать сведения об образовании, составе, строении и классификации метаморфических горных пород и оценить их значение как объекта разработки месторождений строительных материалов.
Задачи работы:
•раскрыть понятие метаморфизма, охарактеризовать факторы и термодинамические условия процесса;
•рассмотреть типы метаморфизма и соответствующие им генетические группы пород;
•описать минеральный состав, структуры и текстуры метаморфических пород, необходимые для их диагностики;
•изложить принципы и конкретные схемы классификации метаморфических пород;
•определить области применения метаморфических пород в строительстве и методику их изучения при разведке месторождений.
Объект исследования — метаморфические горные породы как генетическая группа и как минеральное сырьё.
Предмет исследования — принципы их классификации, диагностические признаки и методы лабораторного изучения.
Методы исследования:
анализ учебной и научной литературы по петрографии и общей геологии, нормативных документов по строительным материалам, а также обобщение материалов, получаемых при работе с петрографическими шлифами и образцами пород.
Структура работы.
Реферат состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка использованных источников и приложения.
В первой главе рассмотрены процессы образования пород, во второй — их вещественный состав и строение, в третьей — классификация и отдельные классы пород, в четвёртой — практическое использование и методика изучения при разведке.

Приложение содержит сводную таблицу пород и протокол петрографического описания образца.
!-- mashagpt:page-break -- Глава 1.
ГЕНЕЗИС МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД 1.1.
Понятие метаморфизма.
Факторы и условия процесса Термин «метаморфизм» от греческого metamorphosis — превращение обозначает совокупность процессов преобразования минерального состава, структуры и текстуры ранее существовавших горных пород в твёрдом состоянии, без плавления исходного материала.
Это ключевое ограничение отделяет метаморфизм от магматизма: при метаморфизме вещество остаётся кристаллическим, а изменения происходят путём перекристаллизации, растворения одних минералов и роста других, перестройки кристаллической решётки и перераспределения компонентов между зёрнами.
Порода, испытавшая метаморфизм, называется метаморфитом; исходная порода, за счёт которой она образовалась, — протолитом.
Важно, что метаморфическая порода сохраняет в переработанном виде память о своём предшественнике: реликтовые структуры, устойчивые минералы, общие валовые соотношения оксидов.
Именно эта преемственность позволяет устанавливать родоначальные породы и восстанавливать историю преобразования.
Факторы метаморфизма.
Принято выделять три ведущих фактора, действующих совместно.
•Температура.
Рост температуры до 200 °C и выше запускает заметную перекристаллизацию за счёт возрастания тепловой подвижности атомов.
Верхний предел метаморфизма определяется началом плавления породы появлением мигматитов и анатектических гранитов и в зависимости от состава лежит в интервале 650–1000 °C.
Источниками тепла служат тепловой поток из недр, тепловое действие внедряющихся магм, а также выделение тепла при деформации и трении в зонах разломов.
•Давление.
Различают всестороннее литостатическое давление, возрастающее с глубиной примерно на 0,1 ГПа на каждые 3 км, и ориентированное стрессовое давление, связанное с тектоническими движениями.
Стрессовое давление вызывает деформацию и дробление, но одновременно создаёт условия для направленного роста минералов, что и порождает сланцеватость — наиболее характерный облик метаморфических пород.
•Флюиды.
Газово-водные растворы, мигрирующие из глубинных зон, переносят тепло и химические компоненты, участвуют в реакциях как катализаторы и растворители.
Без участия флюидов метаморфические преобразования либо идут крайне медленно, либо не происходят вовсе;

именно поэтому флюид называют одним из основных факторов метаморфизма.
Совокупное действие трёх факторов приводит к частичной или полной перекристаллизации минерального вещества и к закономерному изменению состава:
вода и углекислота, высвобождающиеся при дегидратации и декарбонатизации, покидают породу, а химически инертные компоненты перестраиваются в ассоциации, устойчивые в данных условиях.
Система стремится к минимуму свободной энергии, и этот принцип лежит в основе фациального анализа.
flowchart LR A["Протолит:
осадочная или магматическая порода"] -- B["Рост температуры"] A -- C["Рост давления:
литостатического и стрессового"] A -- D["Приток флюидов"] B -- E["Перекристаллизация без плавления"] C -- E D -- E E -- F["Метаморфит:
новый минеральный состав, структура, текстура"] E -.-|"T выше порога плавления"| G["Мигматизация и анатексис — переход к магматизму"]
Термодинамические обстановки.
По соотношению температуры и давления различают несколько типов метаморфической обстановки:
погружение рост давления при медленном нагреве, «метаморфизм холода», нагревание при внедрении интрузий, столкновение плит совместный рост давления и температуры, обстановку сдвиговых зон региона.
Каждая обстановка отвечает своему диапазону фациальных условий и своему набору пород.
1.2.
Региональный метаморфизм Региональный метаморфизм охватывает огромные площади — нередко десятки и сотни тысяч квадратных километров — и потому является наиболее распространённым типом.
Он происходит на значительных глубинах, где совместно действуют высокие температура и давление, а также глубинные флюиды.
Именно с региональным метаморфизмом связано формирование фундамента платформ и кристаллических ядер складчатых поясов.
Процесс развивается прогрессивно:
по мере погружения и нагрева порода последовательно проходит стадии, различающиеся минеральными ассоциациями.
Эти стадии выделяются по появлению или исчезновению минералов-индикаторов.
Для глинистых протолитов классическая схема выглядит так:
глинистые и аспидные сланцы — филлиты — кристаллические сланцы — гнейсы.
Для песчаников ряд проще, поскольку химический состав почти мономинерален:
кварцевые песчаники переходят в кварциты.
Для карбонатных пород — известняки превращаются в мраморы, глинистые известняки — в кальцифиры, затем мраморы с силикатами.
Интенсивность метаморфизма принято оценивать количественно по метаморфической зональности.

Впервые такие зоны были выделены в 80-х годах XIX века Дж.
Барроу Дж.
Бэрроу при изучении Шотландских нагорий:
он проследил смену зон, маркируемых появлением хлорита, биотита, альмандина, ставролита, кианита и силлиманита.
Концепция таких индекс-минералов оказалась универсальной и до сих пор применяется при геологическом картографировании.
Кроме того, региональный метаморфизм часто сопровождается складчатостью и рассланцеванием, то есть текстуры метаморфических пород оказываются тесно связаны с тектонической историей региона.
Это позволяет использовать ориентировку сланцеватости и плойчатости как структурный индикатор этапов деформации.
flowchart TD subgraph G1["Низкая степень зеленосланцевая область"] A["Глинистая порода"] -- B["Глинистый, аспидный сланец"] B -- C["Филлит"] end subgraph G2["Средняя степень эпидот-амфиболитовая"] C -- D["Кристаллический, слюдяной сланец"] end subgraph G3["Высокая степень амфиболитовая и гранулитовая"] D -- E["Гнейс"] E -- F["Гранулит"] end 1.3.
Локальный метаморфизм:
контактовый, дислокационный, ударный Локальный метаморфизм проявляется на ограниченных площадях и связан с конкретными геологическими агентами — интрузиями, разломами или метеоритными ударами.
В отличие от регионального, его действие направлено и его можно проследить на десятки метров или первые километры.
Контактный термальный метаморфизм вызван внедрением магматического расплава в относительно холодные вмещающие породы.
Вокруг интрузивного тела формируется ореол, ширина которого определяется размерами и температурой массива, глубиной его становления и составом вмещающих толщ.
Характерная черта контактового метаморфизма — преобладание температуры при сравнительно умеренном давлении, поэтому текстурный результат чаще всего массивный, а не сланцеватый.
Породы ореола — роговики — обычно мелкозернисты и плотны, чем отличаются от пород регионального метаморфизма.
Вблизи контакта карбонатных толщ с гранитоидами под действием постмагматических растворов образуются скарны — существенно пироксен-гранат-амфиболовые породы, нередко с рудной минерализацией магнетит, шеелит, молибденит.
Дислокационный динамометаморфизм возникает в зонах разрывных тектонических нарушений — надвигов, покровов, сдвигов, где главную роль играет сильное ориентированное давление.
Здесь деформации подвергаются и породы, и отдельные минеральные зёрна: возникают изгибы, двойникование, хрупкое дробление, а в дальнейшем — механическое истирание.
Степень этого истирания служит основой для разделения пород на тектонические брекчии, катаклазиты и милониты.
Ударный импактный метаморфизм — редкий тип, связанный с падением крупных метеоритов и мгновенным выделением огромной энергии.

Породы дробятся, плавятся и частично испаряются;
образующиеся при этом стекловатые и раскристаллизованные продукты называют импактитами.
В минералах фиксируются специфические признаки — планарные деформации кварца, диаплектовые стёкла, шоковые полиморфы кремнезёма.
На поверхности Земли известно около 200 астроблем от греческого astrē — звезда и blema — рана, крупнейшая из которых — Попигайская на севере Сибири диаметром около 100 км.
!-- mashagpt:page-break -- Глава 2.
ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ, СТРУКТУРА И ТЕКСТУРА 2.1.
Минеральный состав метаморфических пород Минеральный состав метаморфических пород разнообразен, но подчинён строгому правилу:
в породе устойчивы ассоциации, которые не испытывают дальнейших реакций в данных условиях.
Именно это делает минералогию метаморфитов инструментом термодинамики.
Условно минералы делят на несколько групп.
ГруппаПримерыРоль в породе Светлые, устойчивые в широком диапазонекварц, полевые шпатыГлавные компоненты гнейсов, кварцитов Тёмные силикатыбиотит, мусковит, роговая обманка, пироксен, хлоритОтражают рост температуры и состав протолита Индикаторы условийставролит, кианит, силлиманит, андалузит, гранатМетаморфическая зональность и фации Специфические метаморфическиетальк, актинолит, эпидот, серпентинУказывают на ультраосновные или карбонатные протолиты Неметаллические и рудныеграфит, магнетит, кальцитНаследуются от осадочных толщин Для строительного материаловедения наиболее значим кварц:
кварциты как сырьё отличаются высокой однородностью состава и прочностью.
Именно почти мономинеральность кварцитов обуславливает их огнеупорность и стойкость к кислотам, что делает их ценным материалом в металлургии и химической промышленности.
Следует различать главные, второстепенные и акцессорные минералы.
Главные определяют название породы, второстепенные присутствуют в количестве первых процентов, акцессорные — в долях процента, но именно они иногда служат ключевыми индикаторами генезиса циркон, монацит, турмалин, гранаты.
Особая тема — миграция компонентов.
При региональном метаморфизме породы в целом сохраняют валовой химический состав, меняется лишь форма нахождения элементов: дегидратация и декарбонатизация уменьшают содержание летучих, но соотношения Al, Si, Mg, Ca, Fe остаются наследованными.
По этой причине метаморфиты классифицируют по химическим типам, соответствующим исходным песчаным, глинистым, карбонатным и магнезиальным осадкам.
2.2.

Структуры метаморфических пород Структура характеризует форму, размеры и взаимные отношения зёрен.
Для метаморфитов типична полнокристаллическая структура; однако форма зёрен и их соотношения несут дополнительную генетическую информацию.
•Гранобластовая — зернистая, с изометричными зёрнами кварца, карбонатов, полевых шпатов;
характерна для роговиков, мраморов, кварцитов.
Разновидности — мелко-, средне- и крупнозернистая.
•Лепидобластовая — с преобладанием пластинчатых и чешуйчатых зёрен слюды, хлорит, тальк;
типична для кристаллических сланцев и филлитов.
•Нематобластовая — с преобладанием удлинённых, игольчатых и волокнистых зёрен роговая обманка, актинолит, кианит;
характерна для амфиболитов и амфиболовых сланцев.
•Порфиробластовая — на фоне мелкозернистой основной массы выделяются крупные кристаллы-порфиробласты гранат, ставролит, образование которых шло после главной деформации, что доказывается наличием у них «теней давления» с противоположной ориентировкой.
•Катакластическая и обломочная — обломки разрушенных зёрен и пород, характерна для тектонитов.
•Реликтовая остаточная — сохраняет черты первоначальной структуры и позволяет установить протолит.
•Скрытокристаллическая — при серпентинизации ультраосновных пород.
Определение структуры производится в шлифе под микроскопом при увеличении материала, при этом важно фиксировать размер зёрен возрастает с температурой метаморфизма, что подтверждено экспериментально и наличие ориентировки.
2.3.
Текстуры и их диагностическое значение Текстура — важнейший диагностический признак метаморфитов, поскольку именно она позволяет отличить их от магматических и осадочных.
Сланцеватая текстура выражается в способности породы раскалываться на тонкие пластинки и плитки.
Она возникает при параллельном расположении пластинчатых и чешуйчатых минералов под действием ориентированного давления.
Гнейсовая полосчатая текстура — чередование полос различного минерального состава.
Такие текстуры грубее сланцеватых, и их присутствие роднит гнейсы с гранитами, отличая по отсутствию магматических соотношений и наличию полосчатости.
Дополнительно выделяют:
ТекстураОписаниеПример породы Массивнаябез ориентировки зёренроговик, кварцит Полосчатаячередование разнородных полосгнейс, мигматит Плойчатаямелкие складки, гофрировкасланцы Очковаяовоиды крупных кристаллов на фоне сланцеватой массыочковый милонит Пятнистаяокруглые пятна на общем фонепятнистый роговик Полевая диагностика строится по определению твёрдости число «твёрдых» минералов — кварц, гранат,

пироксены, блеска, цвета, а также по оценке реакций с разбавленной соляной кислотой.
Так, вскипание с кислотой сразу указывает на присутствие карбонатов и на карбонатный протолит — мрамор или кальцифир.
!-- mashagpt:page-break -- Глава 3.
КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД 3.1.
Принципы построения классификации Как отмечено во введении, классификация метаморфитов многокритериальна.
Рассматривая известные подходы, выделим основные.
Основание деленияКлассыНазначение Тип метаморфизмарегиональный, контактовый, дислокационный, ударныйпривязка к геологическому процессу Исходная породапарапороды, ортопородыгенезис и состав Ведущие минералыслюдяные, амфиболовые, тальковые, кварцевые и др.номенклатура Текстура и структурасланцеватые, гнейсовые, массивные, катакластическиеполевая диагностика Условия метаморфизма Т-Рфации: зеленосланцевая, амфиболитовая, гранулитовая, эклогитоваякартографирование Химический составглинозёмистые, кремнистые, карбонатные, магнезиальные, железистыепетрохимическая типизация В нормативной практике ГОСТ, ТУ используются собственные классификации по показателям, зависящим от назначения сырья: прочностные характеристики, водопоглощение, декоративность, огнеупорность.
Поэтому при разведке месторождения геологическая классификация дополняется технической.
flowchart LR A["Метаморфические породы"] -- B["Региональный метаморфизм"] A -- C["Контактный метаморфизм"] A -- D["Дислокационный метаморфизм"] A -- E["Ударный метаморфизм"] B -- B1["Глинистые и аспидные сланцы, филлиты"] B -- B2["Кристаллические сланцы, гнейсы"] B -- B3["Мраморы, кварциты, амфиболиты"] B -- B4["Гранулиты, эклогиты, мигматиты"] C -- C1["Роговики"] C -- C2["Скарны, мраморы контактовые, кварциты"] D -- D1["Тектонические брекчии"] D -- D2["Катаклазиты"] D -- D3["Милониты"] E -- E1["Импактиты"] 3.2.
Породы контактового метаморфизма Роговики — наиболее распространённые породы этого типа.
Это плотные мелкозернистые породы серого, тёмно-серого, часто с зеленоватым оттенком, обладающие раковистым изломом.
Характерная особенность — массивная текстура, поскольку ориентированное давление в контактовом ореоле отсутствует.
Минеральный состав разнообразен:
кварц и слюды, полевые шпаты, гранаты, кордиерит, хлорит.
Структура микрокристаллическая, гранобластовая, иногда порфиробластовая.
Качества роговиков как строительного камня высоки прочность и морозостойкость, однако их распространение в пределах ореолов локально и они редко добываются как самостоятельное сырьё.
Скарны — плотные кристаллические породы с массивной текстурой, которые образуются при внедрении гранитного расплава в карбонатные толщи под воздействием постмагматических растворов.

Главные породообразующие минералы — пироксены, амфиболы, гранаты; присутствуют эпидот, актинолит, карбонаты и рудные минералы магнетит, шеелит.
Именно скарны нередко служат рудными объектами, а для строительной отрасли интересны содержащимися в них залежами мрамора и облицовочного камня.
Контактовые мраморы и кварциты отличаются от региональных аналогов более высокими температурами закалки и часто пятнистой окраской, что используется как декоративный признак.
3.3.
Породы дислокационного метаморфизма Все породы этой группы образуются в зонах разрывных нарушений, дробления и перетирания.
Тектонические брекчии состоят из остроугольных обломков раздробленных пород, сцементированных мелкораздробленным перетёртым материалом горной мукой.
Структура обломочная, текстура массивная.
Катаклазиты — породы и минералы, претерпевшие дробление без полного перемалывания.
Внутреннее строение характеризуется сильно деформированными, изогнутыми, раздробленными зёрнами и наличием мелкогранулированной связующей массы.
Возможна очковая текстура.
Милониты от греческого mylos — мельница — тонкоперетёртые плотные породы, отличающиеся от катаклазитов большей степенью дробления и развитием параллельной полосчатости.
В перетёртой пыли могут вырастать новые минералы в виде овоидов, то есть «очков».
Практическая значимость этой группы двояка:
с одной стороны, зоны милонитов резко снижают прочностные характеристики массива и неблагоприятны как строительное основание, с другой — тектонические брекчии и катаклазиты служат поисковым признаком гидротермальной минерализации.
3.4.
Породы регионального метаморфизма и фациальная зональность Это самая представительная группа.
Ниже охарактеризованы главные представители по мере нарастания метаморфизма.
Глинистые и аспидные сланцы — начальная стадия преобразования глинистых пород.
Серые, зеленовато-серые до чёрных, плотные тонкосланцеватые породы, раскалывающиеся на пластинки с матовой поверхностью.
Состоят из глинистых минералов и новообразованных мельчайших зёрен кварца, серицита и хлорита;
при наличии углистого вещества приобретают чёрный цвет аспидные сланцы.
Филлиты образуются при дальнейшем метаморфизме.
Они плотнее глинистых сланцев, не содержат глинистых минералов и обладают характерным шелковистым блеском по плоскостям сланцеватости,

обусловленным различимыми листочками слюд — серицита и хлорита, вместе с кварцем.
Разновидности, раскалывающиеся на ровные плитки, называют кровельными сланцами;
они плотны, вязки и водонепроницаемы, что исторически сделало их популярным кровельным материалом.
Кристаллические сланцы отличаются лучшей раскристаллизацией:
отчётливо зернистые, сланцеватые породы с сильным шелковистым блеском.
Состоят из кварца и слюд биотита, мусковита, нередко с гранатом и графитом.
Наиболее распространены слюдяные сланцы:
мусковитовые, биотитовые и двуслюдяные.
Гнейсы — наиболее глубоко метаморфизованные глинистые породы
породообразующим является полевой шпат, что отличает их от сланцев.
Обычно крупнозернисты, обеднены слюдами и состоят из кварца, полевых шпатов и темноцветных минералов — амфиболов и пироксенов.
Для них характерна грубая сланцеватость и гнейсовая полосчатая текстура за счёт чередования светлых и тёмных полос.
Переходные породы с неполно проявленной полосчатостью — гранитогнейсы.
Мраморы образуются при перекристаллизации известняков, состоят из кальцита с полнокристаллической структурой и массивной текстурой.
Чистые разности белые, примеси придают голубую, розовую, серую окраску.
Разности с цветными силикатами гранат, пироксен — кальцифиры.
Бурно реагируют с соляной кислотой.
Кварциты возникают при метаморфизме кварцевых песков и песчаников, а также кремнистых пород.
Это крепкие породы с раковистым изломом, состоящие практически целиком из кварца.
Хлоритовые сланцы — сланцеватые породы, состоящие в основном из хлорита с примесью кварца, актинолита, талька, эпидота;
зелёного цвета, мягкие, жирные на ощупь.
Амфиболиты состоят из роговой обманки и плагиоклаза, часто с кварцем, эпидотом, гранатом, хлоритом.
Тёмно-серые до чёрных с зелёным оттенком;
текстура массивная, сланцеватая или гнейсовая.
Тальковые сланцы образованы мелкими гибкими листочками талька;
белые, серые, зеленоватые;
блеск шелковистый или перламутровый, породы мягки, жирны на ощупь.
Практически чистые разности — тальковый камень.
Так же, как хлоритовые сланцы, они служат индикатором регрессивного метаморфизма ультраосновных пород;
при серпентинизации возникают серпентиниты змеевики — плотные оливково-зелёные до чёрных пятнистые породы с блестящими поверхностями скола, состоящие из серпентина с примесью хлорита, талька и асбеста.
При максимальном проявлении метаморфизма многие из перечисленных пород переходят в гранулиты и эклогиты — образования высших ступеней.

Фациальная классификация.
Термодинамическую основу классификации метаморфитов образуют метаморфические фации — совокупности минеральных ассоциаций, устойчивых в узком интервале температур и давлений.
Выделяют главные фации:
зеленосланцевую в том числе фацию глаукофановых сланцев, эпидот-амфиболитовую, амфиболитовую, гранулитовую и эклогитовую.
Распределение этих фаций в разрезе позволяет строить графики «температура — давление» и оценивать глубины погружения.
flowchart LR A["Зеленосланцевая фация:
хлорит, серицит"] -- B["Эпидот-амфиболитовая:
биотит, гранат"] B -- C["Амфиболитовая:
ставролит, кианит"] C -- D["Гранулитовая:
силлиманит, ортопироксен"] D -- E["Эклогитовая:
омфацит, гранат"] !-- mashagpt:page-break -- Глава 4.
МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПОРОДЫ КАК СЫРЬЁ И ОБЪЕКТ РАЗРАБОТКИ 4.1.
Практическое применение в строительной отрасли Метаморфические породы — важнейшая база нерудного сырья.
По назначению среди них можно выделить несколько товарных групп, и эта группировка, в отличие от петрографической, строится на технических, а не на генетических признаках.
Группа сырьяПородыПрименение Облицовочный и стеновой каменьмрамор, кварцит, гнейс, гранитогнейсфасады, интерьеры, полы Кровельные и плитные материалыфиллиты, кровельные сланцыкровля, облицовка Щебень и заполнителиамфиболит, гнейс, роговикбетоны, асфальтобетоны Огнеупорное и кислотостойкоекварцит, тальковый каменьфутеровка, химическое оборудование Декоративный каменьмраморы цветных разновидностейскульптура, отделка Специальныеграфитовые сланцы, тальковые сланцы, амфиболитграфит, тальк, каменное литьё Мраморы — один из самых востребованных облицовочных материалов благодаря способности к полировке.
Мягкость кальцита твёрдость 3 по шкале Мооса одновременно обусловливает уязвимость мрамора к атмосферным воздействиям, что делает его преимущественно интерьерным камнем.
Кварциты, напротив, обладают твёрдостью 7 и высокой кислотостойкостью, а потому находят применение в металлургии динас, футеровка печей и в промышленности.
Особое значение метаморфические породы имеют как источник железистых кварцитов — джеспилитов докембрийских толщ, служащих основным рудным сырьём для чёрной металлургии.
Крупнейшие месторождения связаны с докембрийскими метаморфизованными комплексами — Курской магнитной аномалией, Криворожским бассейном и другими.
4.2.
Методика изучения пород при разведке месторождений Изучение метаморфических пород в целях разведки имеет свою специфику, определяемую тем, что свойства массива неоднородны и тектонические нарушения могут резко снизить его качество.

Полевой этап.
Документация обнажений и керна скважин с фиксацией элементов залегания сланцеватости, контактов между разностями, зон дробления и ореолов милонитизации.
Обязательно отбираются образцы для петрографии, а также ориентированные образцы для изучения структурных элементов.
Лабораторный этап.
Изготовление шлифов, определение минерального состава под поляризационным микроскопом, оценка размеров зёрен и структуры.
Для железосодержащих пород и дайковых тел применяются рентгеноспектральный анализ и рентгенофазовый анализ, позволяющие определить фазовый состав тонкодисперсных новообразований, не различимых оптически.
Испытания механических свойств.
Стандартный набор включает определение предела прочности при сжатии в сухом и в водонасыщенном состоянии, водопоглощения, истираемости, морозостойкости.
Для этих испытаний принимаются образцы из зон с минимальными нарушениями, иначе результаты будут занижены искажением структуры.
Анализ минералогического состава.
Особое внимание уделяется составу глинистых фракций:
наличие монтмориллонита в сланцах резко снижает свойства.
Методом рентгеновской дифракции исследуется состав тонких фракций, а для пород с переменной степенью метаморфизма — гистограмма распределения размеров зёрен.
Петрохимический анализ.
Данные хранения валовых химических анализов позволяют построить классификационные диаграммы для глинистых—песчаных типов — диаграммы соотношений оксидов алюминия и кремния и определить, является ли порода ортопородой или парапородой.
Статистическая обработка.
Все данные по описанию шлифов и испытаниям группируются по ретроспективной оценке.
Результаты интерпретируются как средние по выборке с оценкой вариативности.
flowchart LR A["Полевая документация и отбор образцов"] -- B["Петрографическое описание шлифов"] A -- C["Петрохимическое опробование"] A -- D["Механические испытания"] B -- E["Сводная петрографическая характеристика"] C -- E D -- E E -- F["Подсчёт запасов и сортировка сырья по ГОСТ"] 4.3.
Возможности моделирования метаморфических процессов Процессы метаморфизма в природе протекают на протяжении миллионов лет в глубинах Земли, поэтому их экспериментальное воспроизведение в условиях вуза возможно лишь частично.
Необходимо понимать ограничения такого моделирования и корректно интерпретировать его результаты.
Методология.

Экспериментальная петрология работает с высокотемпературными аппаратами высокого давления.
В классическом виде используются аппараты поршень-цилиндр, позволяющие достигать температур порядка 1200–1500 °C и давлений 2–3 ГПа.
В рядовых лабораторных условиях эксперименты ограничиваются изучением кинетики:
например, исследованием скорости превращения каолинита в муллит при нагреве или растворимости кварца в гидротермальных растворах при температурах 100–300 °C.
Алгоритм эксперимента.
Работа состоит из нескольких последовательных шагов.
1.Отбор и аттестация образцов протолита желательно с получением химического анализа.
2.Дробление, гомогенизация и подготовка смесей с контролируемой крупностью.
3.Загрузка образца в контейнер из золота или платины, добавление флюида в установленной пропорции.
4.Эксперимент при фиксированных давлении и температуре с выдержкой от минут до недель.
5.Закалка, отбор продуктов и их изучение методами оптической микроскопии, рентгенофазового и микрозондового анализа.
6.Сопоставление полученных ассоциаций с эталонными фациальными схемами.
Оценка результатов и выводы.
Основные ограничения — недостаточная длительность экспериментов по сравнению с природными и трудность точного дозирования воды.
Поэтому результаты следует рассматривать как качественные:
они показывают, какие ассоциации невозможны, но не гарантируют полного воспроизведения природного равновесия.
Более надёжен путь термодинамического расчёта — построение диаграмм фазовой устойчивости в осях T–P и сравнение с наблюдёнными минеральными парагенезисами.
Такой расчёт сегодня реализуется с применением программных пакетов, нередко свободно распространяемых, что делает его доступным и в рамках учебного исследования.
!-- mashagpt:page-break -- ЗАКЛЮЧЕНИЕ Проведённый обзор позволяет сделать следующие выводы.
Метаморфизм представляет собой преобразование горных пород в твёрдом состоянии под действием температуры, давления и флюидов.
Именно отсутствие плавления отличает его от магматизма и обусловливает сохранение в метаморфитах генетической памяти о протолите, что делает возможной реконструкцию истории даже по сильно переработанным породам.
Три ведущих фактора действуют совместно:
насыщенность флюидами определяет скорость, а температура и давление — направление и конечный результат перекристаллизации.

Классификация метаморфических пород строится не на одном, а на нескольких независимых основаниях, потому что сами объекты сложнее, чем магматические и осадочные.
Генетическая классификация привязывает породу к геологическому процессу, минералого-петрографическая связывает породы в непрерывные ряды по степени метаморфизма, фациальная — позволяет перевести положение пород в количественные координаты температуры и давления, а техническая использует прочностные показатели.
Наиболее распространены породы регионального метаморфизма — глинистые и аспидные сланцы, филлиты, кристаллические сланцы, гнейсы, мраморы и кварциты.
Контактовый метаморфизм в обстановке слабого давления даёт массивные по текстуре породы роговики и скарны, а дислокационный метаморфизм в зонах разломов создаёт тектонические брекчии, катаклазиты и милониты, которые ухудшают физико-механические свойства массивов и тем самым приобретают важность для оценки строительных площадок.
Для разработки месторождений строительных материалов метаморфическая группа интересна в первую очередь как источник облицовочного камня мрамор, кварцит, кровельных и плитных материалов филлиты, кровельные сланцы, огнеупорного сырья кварциты, тальковый камень и рудного железа железистые кварциты.
Методика изучения пород на таких объектах включает полевую документацию с акцентом на тектоническую нарушенность, петрографическое описание шлифов и petrokhimicheskie анализы, а также механические испытания образцов.
Практическая ценность настоящей работы состоит в том, что она систематизирует сведения, необходимые инженеру по разработке стройматериалов для правильной интерпретации геологического разреза и для обоснованной оценки минерального сырья.
!-- mashagpt:page-break -- СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ
1.Короновский Н.В.
Общая геология:
учебник для студентов вузов.
— Москва:
КДУ, 2006.
— 656 с.
2.Короновский Н.В., Ясаманов Н.А.
Геология:
учебник для экологических специальностей вузов.
— Москва:
Издательский центр «Академия», 2003.
— 448 с.
3.Практическое руководство по общей геологии:
учебное пособие для студентов вузов / А.И.
Гущин, М.А.
Романовская, А.Н.
Стафеев, В.Г.
Талицкий;

под ред.
Н.В.
Короновского.
— Москва:
Издательский центр «Академия», 2004.
— 160 с.
4.Короновский Н.В., Якушева А.Ф.
Основы геологии:
учебник для географических специальностей вузов.
— Москва:
Высшая школа, 1991.
— 288 с.
5.Пособие к лабораторным занятиям по общей геологии:
учебное пособие для вузов / В.Н.
Павлинов, А.Е.
Михайлов, Д.С.
Кизевальтер и др.
— Москва:
Недра, 1988.
— 149 с.
6.Лебедева Н.Б.
Пособие к практическим занятиям по общей геологии.
— Москва:
Изд-во МГУ, 1986.
— 102 с.
7.Миловский А.В.
Минералогия и петрография.
— Москва:
Недра, 1985.
— 448 с.
8.Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж.
Породообразующие минералы:
в 5 т.
— Москва:
Мир, 1965–1966.
9.Еремеев В.В., Афонин С.Ю.
Петрография осадочных и метаморфических пород:
учебное пособие.
— Томск:
Изд-во ТПУ, 2011.
10.ГОСТ 23899-79.
Камень облицовочный из природного камня.
Технические условия.
— Москва:
Изд-во стандартов, 1979.
11.ГОСТ 8267-93.
Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ.
Технические условия.

— Москва:
ИПК Изд-во стандартов, 1993.
12.Рыбальченко Т.М., Гончаренко О.П., Данилова Е.В.
Моделирование метаморфических процессов:
методические указания к выполнению лабораторных работ.
— Томск:
Изд-во ТПУ, 2011.
13.Маракушев А.А., Бобров А.В.
Метаморфическая петрология.
— Москва:
Наука, 2005.
14.Справочник по петрографии / под ред.
А.Н.
Заварицкого.
— Москва:
Госгеолтехиздат, 1956.
!-- mashagpt:page-break -- ПРИЛОЖЕНИЕ А Сводная таблица метаморфических горных пород ПротолитПорода степень метаморфизмаСтруктураТекстура Глинистые и алевритовыеГлинистый, аспидный сланецмикрокристаллическаятонкосланцеватая То жеФиллитлепидобластоваясланцеватая То жеСлюдяной сланецлепидобластоваясланцеватая, плойчатая То жеГнейс, гранитогнейсгранобластовая, порфиробластоваягнейсовая, полосчатая Песчаники, кремнистые породыКварцитгранобластоваямассивная Известняки, доломитыМраморгранобластоваямассивная Карбонатные с примесьюКальцифирпорфиробластоваямассивная Кислые магматическиеСлюдяной сланец → гнейслепидобластоваясланцеватая Средние и основныеХлоритовый сланец → амфиболитнематобластоваясланцеватая, массивная УльтраосновныеТальковый сланец → серпентинитлепидобластовая, скрытокристаллическаясланцеватая, массивная Любые при разломахТектоническая брекчияобломочнаямассивная То жеКатаклазиткатакластическаямассивная, очковая То жеМилонитката кластическаятонкополосчатая Любые при контактеРоговикмикрокристаллическаямассивная Карбонатные у контактаСкарнгранобластовая, порфиробластоваямассивная Любые при удареИмпактитвитрофироваямассивная Протокол петрографического описания образца форма ПолеЗначение Номер образца_____ Место отбора_____ Протолит предположение_____ Цвет_____ Блеск_____ Главные минералы_____ Второстепенные минералы_____ Акцессорные минералы_____ Структура_____ Текстура_____ Реакция с HCl_____ Степень метаморфизма фация_____ Вывод о генезисе_____