

Министерство образования Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Хабаровский государственный технический университет»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

**Методические указания
по выполнению и оформлению лабораторной работы № 4
для студентов строительных и дорожных специальностей
всех форм обучения**

Хабаровск
Издательство ХГТУ
2002

Определение метаморфических горных пород: Методические указания по выполнению и оформлению лабораторной работы № 4 для студентов строительных и дорожных специальностей всех форм обучения / Сост. Н. И. Горшков. – Хабаровск: Изд-во Хабар. гос. техн. ун-та, 2002. – 24 с.

Методические указания составлены на кафедре «Мосты, основания и фундаменты». Включают общие сведения, порядок выполнения работы, описание основных видов метаморфических горных пород, список литературы.

Предназначены для студентов специальностей:

- 291000 «Строительство автомобильных дорог и аэродромов»;
- 291100 «Мосты и транспортные тоннели»;
- 290800 "Водоснабжение и водоотведение";
- 290600 "Производство строительных изделий и конструкций";
- 290500 «Городское строительство и хозяйство»;
- 290300 «Промышленное и гражданское строительство»;
- 090500 «Открытые горные работы».

Печатается в соответствии с решениями кафедры "Мосты, основания и фундаменты" и методического совета Дальневосточного автодорожного института.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1 ПРОИСХОЖДЕНИЕ И УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

В течение всей своей геологической жизни, начиная с момента образования, исходные (первичные) горные породы испытывают воздействия высокой температуры, давления, химически активных веществ, которые приводят к изменениям в их структуре, текстуре, минеральном составе и свойствах. Изменениям, превращениям, преобразованиям, по-гречески "**метаморфус**", подвергаются магматические, осадочные и собственно метаморфические горные породы. Таким образом, под **метаморфизмом** понимают структурное, текстурное и минералогическое приспособление исходных горных пород к изменяющимся термодинамическим условиям (воздействие высоких давлений, температур, химически активных веществ) в различные периоды их геологической жизни.

По происхождению и условиям образования в геологической классификации метаморфические горные породы подразделяются:

- на регионально-метаморфизованные;
- контактово-метаморфизованные;
- динамометаморфизованные.

Регионально-метаморфизованные грунты образуются на больших площадях (регионах). Накопление осадков в верхней части земной коры вызывает рост напряжений в нижележащих слоях грунтов. С увеличением глубины погружения грунтов увеличивается их температура. В соответствии с принципом наименьшей энергии кристаллы минералов, слагающие исходные горные породы, ориентируются параллельно ослабленным плоскостям или располагаются под прямым углом к направлению действия главных напряжений и деформируются (изменяют свою форму, объем и пространственное положение). Таким образом, происходят изменения в структуре и текстуре исходных горных пород, а при определенных термодинамических условиях, высоких давлениях, высокой температуре и действии химически активных веществ минералы исходных горных пород превращаются в другие минералы (изменения в минералогическом составе).

По интенсивности проявления факторов метаморфизма, по глубине расположения зон регионального метаморфизма выделяют три зоны с разной степенью изменения горных пород: верхнюю – **эпизону**, среднюю – **мезозону**, нижнюю – **катазону**.

В верхней зоне – **эпизоне** (низкая или начальная степень метаморфизма) в условиях сравнительно низких температур происходит перекристаллизация, перемещение и деформация минеральных зерен под давлением вышележащих горных масс – изменения в структуре и текстуре. Минеральный состав изменяется незначительно, поэтому исходные горные породы в ряде случаев еще сохраняют свой первоначальный вид.

В средней зоне – **мезозоне** (средняя стадия метаморфизма) в условиях высокой температуры и сильного всестороннего (гидростатического) давления из-за перераспределения вещества в недрах земной коры происходят значительные изменения в минеральном составе, структуре и текстуре горных пород.

В нижней зоне – **катазоне** (заклучительной стадии метаморфизма) в условиях очень высокой температуры и высокого литостатического давления при сравнительно слабом одностороннем давлении происходит интенсивная и глубокая перекристаллизация горных пород и почти полное изменение минерального состава.

Кроме разделения области регионального метаморфизма по глубине, различают также **параметаморфизм** – процесс образования метаморфических горных пород из осадочных и **ортометаморфизм** – процесс образования метаморфических горных пород из магматических. Например, в природе наблюдаются два варианта образования **гнейса** – метаморфической горной породы, аналогичной по минеральному составу магматической интрузивной горной породе – **граниту**.

Парагнейсы образуются из осадочных грунтов, проходя различные стадии преобразования от ила к глинам (природные дисперсные осадочные органо-минеральные и минеральные грунты), далее к аргиллитам (природные полускальные осадочные грунты силикатного состава). Затем на ранней стадии метаморфизма, в эпизоне, где исходные осадочные горные породы пронизываются по порам, трещинам подогретыми минерализованными подземными водами, образуются метаморфические грунты – **глинистые сланцы, филлиты, слюдяные сланцы**. При более значительном изменении термодинамических условий - дальнейшем росте напряжений и температуры (мезозона) – появляются новые, безводные минералы – роговая обманка (амфиболы), полевые шпаты, немного кварца и другие минералы. В этой зоне образуются преимущественно кристаллические сланцы, например **амфиболиты**. При еще большем погружении исходных горных пород (катазона) происходит дальнейшая перекристаллизация минералов, образуется больше кварца. Кристаллы минералов располагаются линейно, в виде разноокрашенных полос по плоскостям сланцеватости, в каждой полосе собираются минералы с примерно одинаковой плотностью и цветом, горная порода приобретает полосчатую текстуру. Таким образом, процесс параметаморфизма заканчивается образованием **гнейса**, минеральный состав которого не отличается от минерального состава **гранита**.

Ортогнейсы образуются из гранитов, магматических интрузивных горных пород. При ортометаморфизме меняется только текстура, граниты с однородной текстурой превращаются в гнейсы с полосчатой текстурой, минеральный состав при этом практически не меняется. Кристаллы кварца, полевого шпата, слюды и других минералов исходной магматической интрузивной горной породы – гранита деформируются, смещаются и собираются в светлые и темные полосы, образуя полосчатую текстуру, характерную для гнейса. Причина преобразования гранита в гнейс – действие

высоких напряжений от собственного веса грунтов расположенных над интрузивным массивом магматических горных пород.

Отличить **ортогнейсы и парагнейсы**, как и вообще ортопороды от парапород, в образцах невозможно. Это можно сделать только на местности при изучения условий и форм залегания массивов исходных горных пород.

Контактово-метаморфизованные горные породы образуются в массивах горных пород, вмещающих высокотемпературную, химически активную расплавленную магму. Контактный метаморфизм проявляется в пределах так называемого контактного ореола, узкой зоны массива горных пород, окружающих магматическое тело.

После внедрения в земную кору высокотемпературное расплавленное вещество магмы воздействует на вмещающий ее массив исходных горных пород посредством движущихся по его порам и трещинам потоков, состоящих из химически-активных веществ. Потоки химически-активных веществ представляют из себя насыщенные газами высокотемпературные минерализованные водные растворы, а также собственно газы и пары воды.

Непосредственно, вблизи контакта с магмой, из **скрытокристаллических известняков**, осадочных горных пород карбонатного состава, образуются **кристаллические скарны**, плотные метаморфические горные породы, состоящие в основном из новых темноцветных минералов – пироксенов и гранатов. В этой зоне меняется не только структура исходной горной породы, но и ее минеральный состав.

В удалении от непосредственного контакта с магмой те же **скрытокристаллические**, иногда пористые **известняки** превращаются в **кристаллические мраморы**, при этом исходная горная порода известняк и новая метаморфическая горная порода мрамор состоят из одного и того же минерала **кальцита**.

В непосредственной зоне контакта магмы с вмещающими ее песчаниками и глинистыми грунтам образуются прочные, твердые, скрытокристаллические с раковистым изломом **роговики**, состоящие главным образом из минералов кварца и полевого шпата. В удалении от места контакта роговики имеют сланцеватую текстуру и называются **роговики сланцеватые**. На внешней границе влияния магмы в ее контактовом ореоле исходные горные породы изменяются частично. Новые метаморфические горные породы со сланцеватой текстурой называются **пятнистыми (узловатыми) сланцами**.

Динамометаморфизованные горные породы образуются в местах взаимодействия блоков земной коры при их тектоническом движении в областях продолжающего развития горообразовательных процессов за счет высокого направленного тектонического давления (стресса).

Горные породы динамометаморфизма – **тектонические брекчии, катаклазиты и милониты** – характерны для протяженных и узких тектонических зон, по которым циркулировали проникающие из глубин земной коры высокотемпературные, минерализованные, насыщенные газами водные

растворы.

Как правило, чем древнее по возрасту горная порода, тем сильнее она метаморфизована. Метаморфические горные породы являются важной составной частью земной коры, ее фундаментом, слагающим большую часть литосферы, а возможно и мантии Земли.

Для метаморфических горных пород характерна **высокая плотность, отсутствие пустот и окаменелостей, мягкие формы выветривания.**

1.2. СТРОИТЕЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГРУНТОВ

По строительной классификации (ГОСТ 25100–95) **грунт** – горные породы, почвы, техногенные образования, представляющие собой многокомпонентную и многообразную геологическую систему и являющиеся объектом инженерно-хозяйственной деятельности человека.

Строительная классификация грунтов включает в себя следующие таксономические единицы, выделяемые по группам признаков:

- **класс** – по общему признаку структурных связей;
- **группа** – характеру структурных связей (с учетом их прочности);
- **подгруппа** – происхождению и условиям образования;
- **тип** – вещественному составу;
- **вид** – наименованию грунтов (с учетом размеров частиц и показателей свойств);
- **разновидности** – количественным показателям вещественного состава, свойств и структуры грунтов.

Метаморфические грунты (горные породы) относятся к **классу природных скальных грунтов** – грунтов с жесткими структурными кристаллизационными связями.

Грунт скальный – грунт, состоящий из кристаллитов одного или нескольких минералов, имеющих жесткие структурные связи кристаллизационного типа.

По происхождению и условиям образования ГОСТ 25100–95 выделяет в **группе скальных грунтов подгруппу метаморфических грунтов** - горных пород, которые образуются в результате метаморфизации (изменения) исходных (первичных) магматических или осадочных горных пород под действием природных геологических факторов.

По вещественному составу ГОСТ 25100–95 выделяет три типа метаморфических горных пород: **силикатные, карбонатные, железистые.**

По наименованию ГОСТ 25100–95 выделяет следующие **виды** метаморфических горных пород: **гнейсы, сланцы, кварциты и др.** (тип – силикатные); **мраморы, роговики, скарны и др.** (тип – карбонатные); **железные руды и др.** (тип – железистые).

По количественным показателям вещественного состава, свойств и

структуры грунтов ГОСТ 25100–95 выделяет **разновидности** метаморфических горных пород:

- 1) по пределу прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии;
- 2) плотности скелета грунта;
- 3) коэффициенту выветрелости;
- 4) степени размягчаемости;
- 5) степени растворимости;
- 6) степени водонепроницаемости;
- 7) степени засоленности;
- 8) структуре и текстуре;
- 9) температуре.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Выполнение лабораторной работы начинается с подготовки формы отчета, табл. 1.

Внимательное изучение образцов по их внешним признакам наряду с заполнением соответствующих пунктов отчета помогает системно подходить к определению наименований горных пород.

Диагностические признаки, по которым ведется определение наименования грунтов согласно предложенной ниже форме отчета, изложены последовательно по пунктам в разд. 3.

При выполнении лабораторной работы желательно пользоваться любой геологической литературой, в которой есть методики определения горных пород. Наименования некоторых книг из многочисленной литературы по этому вопросу приведены в конце настоящих указаний.

Определение наименования грунтов лучше выполнять последовательно, сначала по диагностическим признакам определяется наименование одного образца, затем другого и далее.

В первом приближении, по структуре и текстуре, можно определить группу горных пород, к которой возможно принадлежит изучаемый образец. Для этого разработана достаточно простая для первого раза таблица-определитель, табл. 2.

Описания основных метаморфических грунтов приводятся в алфавитном порядке в разд. 4 настоящих указаний.

Изучая внешние признаки отдельного образца горной породы и сравнивая их с диагностическими признаками, которые отличают ее от других грунтов из группы грунтов, определенных по структуре и текстуре по табл. 2, окончательно устанавливается наименование изучаемого образца.

Защита лабораторной работы производится на основе заполненного отчета.

Форма отчета - определение метаморфических горных пород

Диагностические признаки	Номера образцов					Примеры определения	
	1	2	3	4	5	6	7
1. Цвет образца						Светло-серый	Серый
2. Текстура						Однородная	Сланцеватая
3. Структура						Крупнозерная	Скрытокристал.
4. Отлич. признаки: - блеск - твердость - цвет черты - реакция с HCl - излом - форма зерен - магнитность - другие признаки						Стеклянный 3 Белая В куске Зернистый Округлая - -	Матовый Мягкий Слабоокрашен. В куске Неровный Не видна - Запах земли
5. Мин. состав: - глинистые - тальк - графит - биотит, мусковит - серицит (слюда) - хлорит, серпентин - карбонаты - кварц - опал, халцедон - полевые шпаты - амфиболы - пироксены - железистые - гранат - прочие минералы						- - - - - - - Кальцит - - - - - - - - -	- Есть - - - - - Кальцит - - - - - - - -
6. Наименование (вид грунта)						Мрамор	Сланец известковистый
7. Разновидность по пределу прочности							

3. ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Основные диагностические признаки, по которым производится определение наименования образцов горных пород: **цвет, текстура, структура, отличительные (особенные) признаки, минеральный состав.** Вид основных текстур и структур приведен на рисунках в приложении настоящих указаний.

Цвет образца зависит от минерального состава и отражает условия образования горной породы. Например, образец горной породы имеет зеленовато-светло-серый цвет, где первое – оттенок, второе – интенсивность окраски, третье – главный цвет образца горной породы. Зеленый цвет метаморфических грунтов часто обусловлен присутствием минералов имеющих зеленую окраску – хлоритами, серпентинами, эпидотами. Черные, бурые, красноватые цвета, возможно, говорят о присутствии железистых минералов – магнетита и гематита, а также графита и органического вещества (битума). Некоторые образцы горных пород могут иметь пеструю окраску, например **мраморы, яшмы**.

Текстура грунта – пространственное расположение слагающих грунт элементов (сланцеватость, полосчатость, трещиноватость, слоистость и др.).

Текстура при определении метаморфических горных пород является наиболее важным диагностическим признаком.

Сланцеватая текстура – это когда горная порода состоит как бы из скрепленных между собой пластинок, где пластинчатые, игольчатые и имеющие другую форму зерна минералов располагаются по параллельным плоскостям. Толщина пластинок может быть разной – толстой, тонкой и поэтому выделяют толстосланцеватую, тонкосланцеватую, слоисто-сланцеватую текстуры. Образец с такой текстурой раскалывается по плоскостям, которые называют плоскостями сланцеватости. Сланцеватая текстура характерна для целой группы регионально-метаморфических грунтов – **сланцев**. Различают **сланцы** по минеральному составу – **сланцы глинистые, тальковые, талько-хлоритовые и др.**

Плойчатая текстура является производной от сланцеватой текстуры. В изломе образца горной породы видны складки, плойки – следы медленного деформирования грунтов со сланцеватой текстурой под действием тектонических сил, чаще всего она наблюдается у **глинистых и слюдяных сланцев**.

Полосчатая текстура, когда в образце видны полосы различной окраски. Границы между полосами выражены менее четко, в этом ее отличие от образцов со слоистой текстурой, наличие сланцеватости при этом необязательно. Такую текстуру имеют **гнейсы, змеевики, ожелезненные кварциты (джеспилиты)**, иногда **амфиболиты**. Как разновидность полосчатой текстуры выделяют очковую текстуру, когда в полосах видны локальные утолщения (линзы, очки), что наблюдается у некоторых **гнейсов и узловатых (пятнистых) сланцах**.

Пятнистая текстура определяется кучным размещением минералов (пятнами, узлами) по общему однородному фону породы, она характерна для **узловатых (пятнистых) сланцев, яшм и мраморов**.

Узорчатая текстура – когда по всему образцу видны узоры из разноцветных пятен, полос, линий, она характерна для **яшм и некоторых мраморов**.

Однородная (массивная) текстура характерна для **роговиков, скарнов,**

кварцитов, мраморов.

Пористой текстуры у метаморфических горных пород **не бывает**, т. к. они образуются при действии значительных по величине напряжений, при которых **все поры смыкаются**.

Особенностью метаморфических горных пород является то, что они в одном образце иногда могут иметь и сланцеватость, и полосчатость, как, например, это наблюдается у **амфиболитов**.

Структура грунта – пространственная организация компонентов грунта, характеризующаяся совокупностью морфологических (размер, **форма** частиц, их количественное соотношение), геометрических (пространственная композиция структурных элементов) и энергетических признаков (тип структурных связей и общая энергия структуры) и определяющим составом, количественным соотношением и взаимодействием компонентов грунта.

Полнокристаллическая структура характерна для грунтов, у которых все минералы смотрятся в виде кристаллов, зерен. По среднему размеру зерен выделяют: мелкозернистую (менее **1** мм), среднезернистую (от **1** до **5** мм) и крупнозернистую (более **5** мм). **Гнейсы, мраморы, скарны, амфиболиты**, как правило, всегда имеют полнокристаллическую структуру. Если в образце горной породы среди кристаллов примерно одного размера находятся значительно более крупные кристаллы других минералов, то такая структура называется неравномерно-зернистой или порфировидной. Она встречается у **сланцев, амфиболитов**, в образцах которых иногда выделяются более крупные кристаллы минерала граната.

Скрытокристаллическая структура встречается у образцов с неразличимыми невооруженным глазом минералами, их можно различить только в лупу или микроскоп. Иногда на скрытокристаллическом, тонкозернистом фоне выделяются различимые кристаллы некоторых минералов, например пирита. Скрытокристаллическая структура характерна для **яшм, роговиков, большинства сланцев и кварцитов**.

Разновидностью скрытокристаллической структуры является роговиковая структура. Она характерна для образцов грунта с поверхностью, похожей на поверхность рога. По имени этой структуры названы метаморфические горные породы – **роговики**.

Тонкозернистая структура является переходной от скрытокристаллической к мелкозернистой, когда кристаллы минералов едва различаются невооруженным глазом. Она характерна для некоторых **сланцев, филлитов и кварцитов**.

Чешуйчатая структура характерна для образцов с минералами, кристаллы которых имеют форму чешуек, листочков, табличек, например, для **сланцев**.

Волокнистая структура характерна для грунтов, у которых основную скрытокристаллическую или зернистую массу минералов пронизывают минералы другого цвета в виде волокон, это часто наблюдается у **серпентинитов**. Другое их название **змеевики**, это название дано за сходство

вида поверхности серпентинитов с видом кожи змей, наблюдаемой при вращении образца грунта в лучах света.

Отличительные (особенные) признаки, которые отличают метаморфические горные породы друг от друга, связаны со свойствами слагающих их минералов. Если образец горной породы состоит преимущественно из одного минерала, то его определение можно проводить по признакам, отличающим этот минерал – по твердости, цвету черты, цвету в куске, форме кристаллов, реакции с соляной кислотой и другим признакам. Для образцов горных пород, состоящих из нескольких минералов в примерно равной пропорции, это сделать сложнее, здесь на первое место в диагностических признаках определения наименования выходят текстура и структура.

По блеску как способности поверхности образца грунта отражать свет можно из сланцев выделить следующие их разновидности: **глинистые сланцы** – матовый блеск; **филлиты** – шелковистый блеск за счет присутствия тонкочешуйчатой слюды (серицита); **сланцы** – серебристый блеск.

По твердости, в первом приближении, можно определить образцы горных пород с минералами низкой твердости – мягкими, царапающимися ногтем (глинистые, тальк, графит, углистое вещество). Образцы горных пород с минералами средней твердости ногтем не царапаются и стекло не царапают (хлорит, серпентин, карбонаты, иногда гематит). Образцы горных пород с твердыми минералами царапают стекло (кварц, опал, халцедон, пироксены, амфиболы, полевые шпаты, гранаты, магнетит и другие минералы).

По цвету черты определяется присутствие некоторых минералов в образцах горных пород. Белую черту имеют тальк, карбонаты; темно-серую – графит, углистое вещество; черную – магнетит; красноватую, бурую – гематит.

Реагируют с соляной кислотой минералы класса карбонатов – кальцит, доломит, магнезит. Такие минералы слагают **мраморы**, входят в состав некоторых **сланцев, скарнов**.

По характерному раковистому излому роговиковой структуры можно определить **роговики**.

Форма кристаллов (зерен) в виде игл и тонких пластин, коротких столбиков характерна для минералов группы амфиболов, пироксенов. Минералы группы амфиболов, пироксенов в больших количествах встречаются в таких метаморфических горных породах, как **амфиболиты и скарны**.

Магнитностью обладает рудный минерал магнетит. Он совместно с кварцем и немагнитным рудным минералом гематитом образует **ожелезненные кварциты (джеспилиты)**. В горнодобывающей промышленности они являются ценной **железной рудой**.

Другие признаки – вкус, запах, горючесть и др.

Минеральный состав может быть определен для некоторых образцов метаморфических грунтов визуально по их внешним признакам. Легче это сделать для тех образцов горных пород, которые состоят из одного, двух

минералов.

Минералы низкой твердости (мягкие), это те минералы, которые царапаются ногтем. К ним относятся глинистые минералы, графит, тальк.

Глинистые минералы имеют различную окраску, слабоокрашенную черту, матовый блеск, низкую твердость, но иногда в зависимости от содержания кремнезема, кварца образцы горной породы, содержащие глинистые минералы, оставляют царапины на стекле.

Графит хорошо пишет на бумаге (если в образце много минерала графита и мало глинистых минералов – пишет мягко; если мало минерала графита и много глинистых минералов – пишет твердо), пачкает руки, имеет полуметаллический блеск.

Тальк, как правило, имеет очень светлую окраску с зеленоватым или голубоватым оттенком, белую черту, царапается ногтем. В отличие от глинистых минералов он жирный на ощупь.

Слюды (серицит, биотит, мусковит), хлорит, серпентин, минералы класса карбонатов, иногда гематит являются минералами со средней твердостью. Как правило, они не царапаются ногтем (но не всегда) и не царапают стекло. Слюды отличаются друг от друга цветом.

Биотит (темная слюда) в образце имеет темный цвет, а в отдельных листочках, чешуйках имеет цвет от коричневого до черно-коричневого. Он просвечивает в лучах света.

Мусковит (светлая слюда) серебристо-белого цвета с желтоватым или зеленоватым оттенком; отдельные листочки, чешуйки мусковита, как правило, бесцветные и прозрачные.

Серицит – тонкочешуйчатая разновидность мусковита с серебристым блеском. Ее присутствие в **сланцах** проявляется в блеске на плоскостях сланцеватости, от шелковистого (**филлит**) до серебристого (**серицитовый сланец**).

Минералы класса карбонатов определяются по следующим признакам: стекло не царапают, черта белая, реагируют с соляной кислотой. Если образец реагирует в куске – кальцит, если реагирует в порошке – доломит (порошок получают трением стекла по образцу), если реагирует в порошке при нагревании – магнезит (порошок и повышенную температуру создают за несколько приемов быстрым трением стекла по образцу). Минералы класса карбонатов входят в состав **мраморов, известковистых сланцев, скарнов**.

Хлориты определяются по зеленому цвету с различными оттенками, слабому блеску, твердости 2.5, листовой отдельностью. Хлоритовые листочки, в отличие от листочков (чешуек) слюд, не являются упругими.

Гематит часто присутствует в **ожелезненных кварцитах (джеспилитах)**. Цвет красный, бурый, серый до черного. Черта буровато-красная или вишнево-красная, твердость 3–6; блеск от матового до сильного металлического; не обладает магнитностью.

Кварц, халцедон, опал, полевые шпаты, магнетит, гранат, амфиболы и пироксены относятся к твердым и очень твердым минералам (царапают стекло).

Кварц из-за малых размеров зерен определяется с трудом. Твердость 7,

стекло царапает с характерным треском. Очень много кварца в **кварцитах**. В **гнейсах** кварц находится совместно с полевым шпатом в светлых полосах.

Халцедон является некристаллической, аморфной разновидностью кварца с такой же твердостью, просвечивает на свету.

Опал также является некристаллическим аморфным минералом. Твердость 5–6.5, черта у цветных разновидностей опала слабоокрашенная. Халцедон и опал, наряду с кварцем являются основными минералами пестроцветных **яшм**.

Полевые шпаты всегда присутствуют в **гнейсах и амфиболитах**. Окраска в целом светлая, от кварца отличаются стеклянным блеском по плоскостям спайности, крупные кристаллы хорошо различимы.

Магнетит часто встречается в **железистых кварцитах (джеспилитах)**. Твердость 5.5, цвет черный, блеск металлический, черта черная, обладает магнитностью.

Амфиболы имеют густую зеленую, черно-зеленую, черную окраску, стекло царапают. Общая особенность – вытянутая игольчатая или пластинчатая форма кристаллов. Этим они отличаются от пироксенов, которые чаще имеют форму коротких столбиков, создающих впечатление, что порода состоит из изометрических зерен. Входят в состав **амфиболитов, скарнов**.

Гранат встречается в **гнейсах, амфиболитах** и других метаморфических горных породах. Чаще всего встречается в образцах в виде округлых кристаллов красного цвета. Блеск невыветрелых кристаллов стеклянный, у выветрелых блеск исчезает.

Описания других минералов можно найти в любом определителе минералов.

Определение наименования образцов метаморфических горных пород является целью настоящей лабораторной работы. После определения диагностических признаков, для исследуемого образца в первом приближении по структуре и текстуре по таблице-определителю, см. табл. 2, определяется группа горных пород, к которой возможно принадлежит изучаемый образец. Далее по диагностическим признакам и описанию метаморфических горных пород (разд. 4) определяется точное наименование образца (по строительной классификации вид грунта).

Разновидность грунта по пределу прочности на одноосное сжатие в водонасыщенном состоянии определяется: в лаборатории – на усмотрение студента; в полевых условиях определяется в обязательном порядке. В полевых условиях разновидность грунта можно определить по твердости. Образцы грунтов с твердостью 5 и выше (царапают стекло) являются достаточно прочными материалами и допускаются для применения в строительстве. Образцы грунтов с твердостью 3 и ниже без стандартных испытаний на прочность применять в промышленности строительных материалов не разрешается (как щебень для бетонов). О прочности можно судить по способности раскалываться под ударом молотка. Для пробы на прочность

образец горной породы объемом около 200 см³ (приблизительно 6х6х6 см) одним-двумя ударами молотка раскалывают в щебенку.

Прочный образец расколется на 2–3 куса, а непрочный или выветрелый – на много мелких кусочков. Еще прочность образца можно определить при ударе его молотком по звуку. Для этого образец горной породы кладут на ладонь и наносят по нему не очень сильный удар молотком. Плотный и прочный камень дает ощущение упругого удара и издает звонкий звук, причем после удара молоток от образца отскакивает. Непрочный трещиноватый образец горной породы при ударе его молотком издает глухой звук.

Таблица 2

Таблица-определитель наименований (видов) метаморфических горных пород

Текстура	Структура			
	полнокристаллическая	тонкозернистая, скрытокристаллическая, роговиковая	чешуйчатая	волокнистая
Сланцеватая, плейчатая	Амфиболиты, эклогиты, гнейсы	Филлиты, сланцы, роговики сланцеватые	Сланцы слюдяные	Серпентиниты
Полосчатая, очковая	Амфиболиты, гнейсы, мраморы	Кварциты, роговики, яшмы, серпентиниты, мраморы	-	Серпентиниты
Однородная, массивная	Амфиболиты, мраморы, эклогиты, скарны, кварциты	Кварциты, роговики, яшмы, серпентиниты, мраморы	-	Серпентиниты
Пятнистая, узорчатая	Мраморы	Яшмы, пятнистые сланцы, мраморы	-	Серпентиниты

4. ОПИСАНИЕ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Принятые сокращения: стр. – структура;

текст. – текстура;

мин. состав – минеральный состав;

отл. признаки – отличительные признаки.

Амфиболит – название дано по минералам группы амфиболов из класса силикатов, от греческого "амфиболес" – двойкий; тип по вещественному составу – силикатные.

Цвет: темно-зеленый, темно-серый, зеленовато-черный.

Стр.: мелко-, средне-, крупнозернистая, порфировидная.

Текст.: однородная, грубосланцеватая, полосчатая.

Мин. состав: основные минералы – амфиболы, из которых чаще присутствует роговая обманка в виде шестоватых, игольчатых кристаллов темной окраски; из светлых минералов может быть полевой шпат (плагиоклаз), реже вкрапления гранатов, совсем редко зерна кварца.

Отл. признаки: как правило, в образце видны кристаллы темной и светлой окраски, **темных** минералов больше, чем **светлых**, при этом светлых минералов может и не быть; практическое отсутствие **кварца** и **слюды** – отличие **от гнейсов**.

Происхождение: возникает в условиях средних и высоких температур при метаморфизме карбонатных осадочных горных пород (параамфиболиты).

Применение: в гражданском строительстве используется как цокольный камень; в дорожном строительстве применяется как щебень.

Гнейс – название идет от саксонских рудокопов или предположительно от славянского слова "гниое" – гнилой, разрушенный; тип по вещественному составу – силикатные.

Цвет: светло-серый, серый, темно-серый, желтоватый, коричневатый, красноватый.

Стр.: мелко-, средне-, крупнозернистая.

Текст.: слабовыраженная сланцеватая и одновременно полосчатая, иногда очковая (гнейсовая).

Мин. состав: аналогичен граниту – кварц, полевой шпат, слюда, иногда роговая обманка, пироксен и гранат.

Отл. признаки: в количественном отношении зерна кварца преобладают над листочками слюды – отличие **от сланцев слюдяных**; наличие кварца и слюд – **отличие от амфиболитов**; отсутствие железистых минералов (нет черной и бурой черты) – **отличие от ожелезненных кварцитов (джеспилитов)**; полосчатая текстура - отличие от **гранитов**.

Происхождение: гнейсы возникают при интенсивном региональном метаморфизме из кислых интрузивных магматических грунтов (ортогнейсы) или из дисперсных осадочных грунтов (парагнейсы), при этом отличить парагнейсы от ортогнейсов в образцах невозможно.

Применение: гнейсы менее морозостойкие, чем граниты, легко выветриваются; используются как строительный камень (бут) и как щебень в дорожном строительстве.

По минеральному составу выделяют следующие **разновидности гнейсов: гнейсы биотитовые, мусковитовые, двуслюдяные, роговообманковые, авгитовые (пироксеновые)**.

Кварцит – название от минерала кварц; тип по вещественному составу – силикатные.

Цвет: разный.

Стр.: от мелко-, тонкозернистой до скрытокристаллической.

Текст.: однородная, иногда полосчатая, реже узорчатая.

Мин. состав: состоит в основном из кварца (царапает стекло с

характерным треском); в качестве примесей могут быть слюды, кристаллы пирита, пироксена, граната; при значительном содержании минералов магнетита, гематита выделяют **кварцит ожелезненный (джеспилит)**.

Отл. признаки: очень прочный, твердый (царапает стекло с характерным треском); отсутствие реакции с соляной кислотой при высокой твердости – отличие **от кристаллических мраморов, некристаллических известняков и доломитов**; при трении между собой обломков кварцита зерна кварца не выкрашиваются – отличие **от кварцевых песчаников**; гладкая поверхность при отсутствии раковистого излома – отличие **от роговиков**.

Происхождение: образуется из кварцевых песчаников при действии высоких напряжений, повышенной температуры и горячих растворов.

Применение: ценный строительный материал (твердый, очень прочный, стойкий к выветриванию); используется в гражданском строительстве как строительный, облицовочный, цокольный камень; в дорожном строительстве используется как щебень.

По наличию железистых минералов выделяют **разновидность кварцита – кварцит ожелезненный (джеспилит)**; тип по вещественному составу – железистые; характерна однородная или полосчатая текстура; состоит из минералов – кварца (светлые полосы), гематита (красно-бурые полосы), магнетита (темно-серые полосы), при этом разноокрашенные полосы не имеют резких границ, очертания их размыты; на фарфоровой пластинке оставляет черную, красноватую или бурую черту; если в состав кварцита входит минерал магнетит – образец обладает магнитностью.

Мрамор – название от греческого "мраморос"; тип по вещественному составу – карбонатные.

Цвет: разнообразный, нередко яркий и пестрый.

Стр.: мелко-, средне-, крупнозернистая, реже тонкозернистая.

Текст.: однородная, полосчатая, пятнистая, узорчатая.

Отл. признаки: реагирует с соляной кислотой – в куске (из минерала кальцита), в порошке (из минерала доломита), в порошке при нагревании (из минерала магнезита); полнокристаллическая структура – отличие **от известняков, мергелей, доломитов**; не царапает стекло – отличие **от кварцитов, яшм, гнейсов**.

Происхождение: образуется в условиях высоких температур в зоне контакта с магмой из осадочных сцементированных карбонатных грунтов, чаще из известняков.

Применение: ценный строительный материал; в строительстве и архитектуре применяется как декоративный камень для скульптур, монументов, облицовки стен и цоколей, в виде мраморной крошки при отделке различных поверхностей, включая полы; в дорожном строительстве используется при изготовлении минерального порошка как составной части асфальтобетонов.

Роговик – название дано за схожесть поверхности образцов горной породы с поверхностью рога; тип по вещественному составу – силикатные.

Цвет: различный.

Стр.: скрытокристаллическая, чаще роговиковая.

Текст.: однородная, полосчатая.

Мин. состав: состоит из кварца, полевого шпата и других минералов.

Отл. признаки: плотный, прочный, твердый (царапает стекло); излом раковистый – отличие **от яшм, кварцитов**.

Происхождение: образуется на контакте дисперсных осадочных глинистых грунтов с магмой; в удалении от контакта с магмой роговики со сланцевой текстурой называются **роговики сланцеватые**, а расположенные ближе к внешней границе контактного ореола – **сланцы пятнистые (узловатые)**.

Применение: в строительстве иногда применяются как строительный и облицовочный камень.

Серпентинит (змеевик) – название по минералу серпентин; другое название дано за сходство с видом кожи змеи, что наблюдается у некоторых образцов серпентинита; тип по вещественному составу – силикатные.

Цвет: обычно от темно-зеленого до черно-зеленого, иногда с синеватыми и фиолетовыми оттенками, часто с белыми полосами минерала асбеста.

Стр.: волокнистая, иногда тонкозернистая, скрытокристаллическая.

Текст.: полосчатая, очень редко однородная.

Мин. состав: основной минерал серпентин (зеленая окраска, стекло не царапает, кристаллы в виде тонких листочков, волокон); в трещинах основного минерала серпентина перпендикулярно стенкам трещин часто образуются светлые волокна минерала асбеста; из других минералов встречаются пироксены, магнетит.

Отл. признаки: не царапает стекло - отличие **от роговиков**; не царапается ногтем – отличие **от сланцев тальковых**; отсутствие сланцеватости – отличие **от сланцев хлоритовых**.

Происхождение: образуется из ультраосновных интрузивных магматических горных пород, главным образом оливинитов и пироксенитов, иногда габбро.

Применение: в строительстве используется как цокольный, облицовочный камень, как сырье для производства асбестобетонной кровли и других изделий из асбеста.

Скарн – шведское название породы "скарн"; тип по вещественному составу – карбонатные.

Цвет: в целом темный, с оттенками по преобладанию минералов – граната (красноватый), пироксена (черно-зеленый).

Стр.: средне-, крупнозернистая.

Текст.: однородная.

Мин. состав: в основном состоит из пироксенов в виде стебельчатых, иногда зернистых, игольчатых кристаллов; из других возможных минералов встречается пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, золото и др.

Отл. признаки: не содержит амфиболов и полевых шпатов – отличие **от амфиболитов**; кристаллическая структура – отличие **от серпентинитов**.

Происхождение: образуется в месте контакта магмы с горными породами карбонатного состава.

Применение: в строительстве не применяется; месторождения скарна содержат ценные руды и минералы – железные, медные, кобальтовые, молибденовые, свинцово-цинковые, урановые, золото, платину, пьезокварц и др.

Сланцы – группа метаморфических горных пород, названных по сланцеватой текстуре; различаются друг от друга по минеральному составу, см. описания ниже; тип по вещественному составу – силикатные.

Сланец глинистый – название по сланцеватой текстуре горной породы и преобладанию глинистых минералов.

Цвет: серый, коричневый, темно-серый до черного; имеет различные оттенки и интенсивность окраски.

Стр.: скрытокристаллическая.

Текст.: тонко-, толстосланцеватая, слоистосланцеватая, иногда плейчатая.

Мин. состав: преимущественно состоит из глинистых минералов (стекло не царапают, скользят по стеклу); присутствие кварца, полевого шпата и других твердых минералов обнаруживается по отдельным царапинам на стекле при общем скольжении образца по стеклу; присутствие карбонатов определяется по реакции с разбавленной соляной кислотой (HCl).

Отл. признаки: блеск по поверхностям сланцеватости матовый, тусклый; прочность и твердость низкие, легко раскалывается по плоскостям сланцеватости; наличие сланцеватости – **от слоистых аргиллитов и алевролитов**; матовый блеск на плоскостях сланцеватости – отличие **от филлитов**.

Происхождение: образуются глинистые сланцы в мезозоне из дисперсных осадочных глинистых грунтов.

Применение: в строительстве применяются повсеместно как материал подсыпок и насыпей; некоторые сланцы имеют специальное применение, например, сланцы с тонкосланцеватой текстурой используются в виде материала кровли – **сланцы кровельные**, а сланцы с большим содержанием минерала графита в виде минерального сырья – **сланцы графитовые**.

По минеральному составу и другим признакам выделяют следующие **разновидности сланцев глинистых**:

сланец битуминозный – имеет черный цвет из-за большого содержания битума; при нагревании в пламени издает неприятный запах;

сланец графитовый – имеет темно-серый цвет из-за большого содержания графита (мягкий, пачкает руки, жирный на ощупь, оставляет черту темно-серого цвета на бумаге, см. описание минерала графит);

сланец известковистый – глинистый сланец с содержанием от 5 до 20 % кальцита (реагирует с HCl);

сланец кремнисто-глинистый – отличается от глинистого сланца повышенным содержанием кремнезема и поэтому обладает большой прочностью и твердостью (царапает стекло); текстура толстосланцеватая; используется повсеместно как материал подсыпок и насыпей;

сланец кровельный – цвет от темно-серого до черного; на плоскостях сланцеватости имеет слабый блеск; текстура тонкосланцеватая; раскалывается на тонкие, но большие по площади пластины; используется как кровельный материал;

сланец углистый – цвет от темно-серого до черного (большое содержание углистого вещества); слабо пишет на бумаге (черта темно-серая, черная).

Сланец слюдяной – название дано по сланцеватой текстуре и минеральному составу (по преимущественному содержанию различных слюд); тип по вещественному составу – силикатные.

Цвет: различный, зависит от сочетания цветов слюд.

Стр.: от тонко- до крупночешуйчатой.

Текст.: сланцеватая, пloidчатая.

Мин. состав: состоит преимущественно из слюд – биотита (черная слюда), мусковита (светлая слюда), серицита (тонкочешуйчатая слюда), других слюд.

Отл. признаки: блеск по плоскостям спайности от шелковистого, перламутрового до серебристого – отличие **от сланцев глинистых и филлита**; большее количество слюд, чем кварца – отличие **от гнейсов**.

Происхождение: образуются в мезозоне из дисперсных осадочных глинистых горных пород, а также из кислых и средних интрузивных магматических горных пород.

Применение: в дорожном строительстве иногда находит применение в виде щебня.

По минеральному составу выделяют следующие **разновидности сланцев слюдяных**:

сланец биотитовый – слюда в сланце преимущественно в виде биотита (черная слюда);

сланец мусковитовый – слюда в сланце преимущественно в виде мусковита (светлая слюда);

сланец двуслюдяной – слюды в сланце представлены по количеству примерно одинаково, биотитом и мусковитом;

сланец серицитовый – слюда в сланце представлена преимущественно в виде серицита, являющегося разновидностью мусковита; кристаллы серицита смотрятся в виде слабо различимых тонких чешуек; цвет белый, серый с желтоватым или зеленоватым оттенком; блеск на плоскостях сланцеватости от шелковистого до серебристого; почти полностью состоит из серицита, мало глинистых минералов, более сильный блеск – отличие **от филлитов**; царапает гипс, на ощупь не жирный – отличие **от сланцев тальковых**;

сланец слюдисто-хлоритовый – отличается от других слюдяных

сланцев присутствием минерала хлорита (слабо-зеленоватая окраска).

Сланец пятнистый (узловатый) – название по сланцеватой текстуре и по наличию пятен (узлов) новообразованных минералов.

Цвет: разнообразный, чаще от коричневого до темно-серого.

Стр.: скрытокристаллическая или тонкозернистая с кристаллами минералов в местах расположения пятен (узлов).

Текст.: сланцеватая, пятнистая.

Мин. состав: в основном состоят из глинистых минералов, в пятнах присутствуют образовавшиеся при повышенных температурах минералы в виде графита, гематита, магнетита и др.

Отл. признаки: в пятнах (узлах) тонкозернистой, скрытокристаллической основной массы глинистых минералов выделяются другие минералы в виде кристаллов; наличие пятен (узлов) и сланцеватая текстура – отличие **от сланцев глинистых**.

Происхождение: образуются из аргиллитов, сланцев глинистых в контактовом ореоле интрузивных массивов магматических горных пород; непосредственно на контакте возникают **роговики**, в удалении от контакта **роговики сланцеватые**, на границе ореола **сланцы пятнистые**.

Применение: см. сланец глинистый.

Сланец тальковый – название по сланцеватой текстуре и по преимущественному содержанию минерала талька.

Цвет: белый, желтоватый или зеленоватый.

Стр.: скрытокристаллическая, тонкозернистая.

Текст.: сланцеватая.

Мин. состав: состоит преимущественно из минерала талька (светлая окраска, белая черта, жирный на ощупь, мягкий – царапается ногтем); иногда присутствует кварц (редкие царапины на стекле), кальцит (реакция с соляной кислотой), хлорит (зеленоватая окраска).

Отл. признаки: очень мягкий, царапается ногтем, жирный на ощупь – отличие **от сланцев глинистых, хлоритовых**, а также от **серпентинитов и аргиллитов**; если кроме талька много минерала хлорита (зеленоватый оттенок), выделяют **сланец талько-хлоритовый**.

Происхождение: образуется при изменении в мезозоне интрузивных магматических горных пород.

Применение: в строительстве не применяется, ценное минеральное сырье.

Сланец хлоритовый (зеленый) – название по сланцеватой текстуре и по преимущественному содержанию минерала хлорита; второе название дано по зеленой окраске минерала хлорита.

Цвет: зеленый или темно-зеленый.

Стр.: скрытокристаллическая, иногда видны кристаллы отдельных минералов, чаще рудных.

Текст.: сланцеватая.

Мин. состав: состоит преимущественно из минерала хлорита и талька, присутствие последнего ощущается при прикосновении к образцу – слегка жирный на ощупь.

Отл. признаки: зеленоватая окраска, серо-зеленая черта, твердость 2.5; при значительном содержании минерала талька – **сланец хлорито-тальковый**; при значительном содержании слюды – **сланец хлорито-слюдяной**.

Происхождение: образуется из ультраосновных интрузивных магматических пород, главным образом из оливинитов.

Применение: в строительстве не применяется.

Филлит – название с греческого "филитэс" – листоватый.

Цвет: окраска в целом светлая, из-за повышенного содержания тонких чешуек слюды – серицита; серо-зеленая окраска указывает на содержание минерала хлорита; темно-серая окраска на наличие графита.

Стр.: тонкозернистая с отдельными кристаллами более крупных минералов.

Текст.: тонкосланцеватая, плейчатая.

Мин. состав: в основном содержит серицит – тонкочешуйчатую разновидность мусковита с шелковистым блеском; из других минералов возможно присутствие глинистых минералов, кварца, хлорита, графита.

Отл. признаки: матовый блеск на поверхности излома и шелковистый блеск по плоскостям сланцеватости – отличие **от сланцев глинистых и хлоритовых**.

Происхождение: возникает в мезозоне из сланцев глинистых при замещении глинистых минералов серицитом, кварцем, хлоритом и др.

Применение: как достаточно прочная и твердая горная порода используется в качестве щебня в дорожном строительстве.

Эклогит – название от греческого "эклог" – избранный за красоту; тип по вещественному составу – силикатные.

Цвет: в целом темный.

Стр.: средне-, крупнозернистая.

Текст.: однородная.

Мин. состав: основной минерал из группы минералов пироксенов (травяно-зеленой окраски).

Отл. признаки: весьма тяжелый, вес образца чувствуется в руке; не содержит магнетита (не обладает магнитными свойствами) – отличие **от скарнов**.

Происхождение: образуется на контакте с магмой из основных интрузивных магматических пород.

Применение: в строительстве не применяется.

Яшма – название от арабского «яшб»; тип по вещественному составу – силикатные.

Цвет: различный, чаще красноватый, зеленоватый, нередко пестрой

окраски (ситцевые, парчовые, брекчиевидные, пейзажные и др.).

Стр.: скрытокристаллическая.

Текст.: однородная, полосчатая, пятнистая, иногда сланцеватая (горные породы с такой текстурой называют **сланцы яшмовидные**).

Мин. состав: основные минералы – кварц, опал, халцедон и др.

Отл. признаки: плотная, крепкая, твердая горная порода (царапает стекло); излом не раковистый – отличие **от роговиков**; кристаллы не различимы невооруженным глазом – отличие **от кварцитов**.

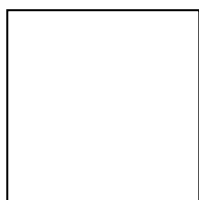
Происхождение: образуется в месте контакта с магмой кремнистых осадочных грунтов.

Применение: в строительстве широко применяется как декоративный материал; в камнерезной промышленности используется при изготовлении ювелирно-поделочных камней; сланцы яшмовидные используются как щебень в дорожном строительстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Геологический словарь*: В 2 т. – М.: Недра, 1980. Т. 1. – 486 с; Т. 2. – 456 с.
2. *Определение породообразующих минералов*: Методические указания к лабораторной работе № 1 для студентов строительных и дорожных специальностей / Сост. В. В. Казанцев, Н. И. Горшков, А. П. Пичкунов – Хабаровск: Хабар. Политехн. ин-т, 1991. – 32 с.
3. *Марцинчик А. Б., Шубенкин П. Ф.* Определение свойств и качеств строительных материалов в полевых условиях: Справочное пособие. – М.: Стройиздат, 1983. – 119 с.
4. *Музафаров В. Г.* Определитель минералов, горных пород и окаменелостей. – М.: Недра, 1979. – 328 с.
5. *Немец Ф.* Ключ к определению минералов и пород: Пер. с чеш. – М.: Недра, 1982. – 174 с.
6. *Шуман В.* Мир камня. Т. 1. Горные породы и минералы: Пер. с нем. – М.: Мир, 1986. – 215 с.

Структуры

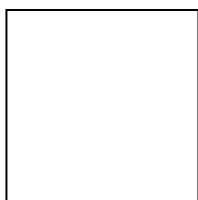


Полнокристаллическая

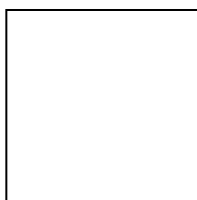


Порфириовидная

Текстуры



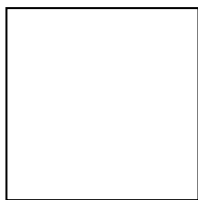
Однородная



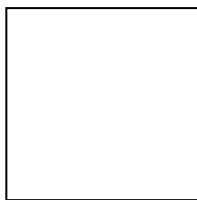
Сланцеватая



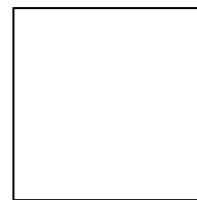
Полосчатая



Очковая



Пятнистая



Узорчатая

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие сведения	3
1.1. Происхождение и условия образования метаморфических горных пород	3
1.2. Строительная классификация метаморфических грунтов	6
2. Порядок выполнения лабораторной работы	7
3. Диагностические признаки метаморфических горных пород	8
4. Описание метаморфических горных пород	14
Список литературы	22

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Методические указания по выполнению и оформлению
лабораторной работы № 4 для студентов строительных и дорожных
специальностей всех форм обучения

Николай Иванович Горшков

Главный редактор *Л. А. Суевалова*
Редактор *Е. Н. Ярулина*
Компьютерная верстка *Н. И. Горшкова*

Подписано в печать 05.07.02. Формат 60x84 1/16.
Бумага писчая. Гарнитура «Таймс». Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,4
Уч.-изд. л. 1,2. Тираж 175 экз. Заказ С 128

Издательство Хабаровского государственного технического университета.
680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136.

Отдел оперативной полиграфии издательства
Хабаровского государственного технического университета.
680035, Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136.