

Ю. Г. БАБАСКИН, канд. техн. наук, проф.

Белорусский национальный технический университет (Минск, Беларусь)

ДИАГНОСТИКА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Аннотация. При строительстве автомобильных дорог применяется большое количество горных пород в виде щебня, гальки, дресвы, гравия, песка, представленные магматическими, метаморфическими и осадочными породами. Для определения петрографического состава проводится диагностика горных пород по совокупности различных признаков. Методика определения названия горной породы включает: разделение по прочности, генезису, текстуре и структуре, по определению минералогического состава и сравнения полученных признаков с определителем.

Ключевые слова: порода, минерал, диагностика, классификация, прочность, текстура, структура, определитель, анализ.

При строительстве автомобильных дорог применяется большое количество различных горных пород, которые имеют осадочное или вулканическое происхождение. Горные породы являются сырьем для получения дорожно-строительных материалов. Сооружение насыпи автомобильной дороги связано с применением песчаных и пылевато-глинистых грунтов, относящихся к породам осадочного происхождения. Создание различных бетонных смесей (асфальтобетона, цементобетона) требует применения щебня и гравия, которые относятся к породам магматического или метаморфического происхождения, а производство минерального порошка для асфальтобетонных смесей связано с дроблением таких осадочных горных пород, как известняк, доломит и др., относящимся к органогенным и карбонатным отложениям.

Рассмотренная диагностика касается определения наименования горной породы, относящейся к таким видам как осадочная сцементированная, магматическая и метаморфическая. Рыхлые осадочные горные породы (песок, супесь, суглинок и глина) диагностируются по другим принципам, относящимся к гранулометрическому составу, содержанию пылеватых и глинистых частиц и другим параметрам.

В практике инженерной геологии существует классификация горных пород, подразделяющая их на магматические, метаморфические и осадочные, каждая из которых классифицируется в зависимости от залегания, содержания двуокиси кремния, перекристаллизации, процесса разрушения и ряда других условий. Все эти признаки влияют на их структуру, которая отражает прочностные свойства горных пород, что является определяющим при выборе материала при строительстве дорог. В связи с этим, немаловажное значение имеет диагностика горной породы, при её залегании в земной коре в виде формации, чем и занимаются петрография и литология.

Учебные программы подготовки инженеров дорожного строительства предусматривают изучение диагностики минералов, которая имеет

отличительные признаки от диагностики горной породы. Дело в том, что минералы, как правило, имеют химическую формулу, отражающую их состав и внутреннее строение, а горная порода состоит из множества минералов, что делает, в большинстве случаев, невозможным отражения их химического состава через конкретную формулу. Учитывая, что в горных породах химические элементы связаны с кислородом, то их химический состав отражается окислами (с кремнием, алюминием, железом, магнием, кальцием и др.). Химические элементы помогают разделить похожие горные породы на конкретную породу, имеющую определенное наименование. Например, гранит состоит из ряда минералов, таких как: кварц, полевой шпат, слюда, роговая обманка и др. В связи с этим, диагностика минерала является более простой и включает определение его физических свойств, несложные химические испытания и сравнение полученных данных с диагностическими признаками определителя, в котором эти признаки сгруппированы по цвету, блеску, твердости, удельному весу и др.

Для проведения диагностики горных пород необходимо предусмотреть так называемый подготовительный цикл, заключающийся в изучении различий между отдельными видами горных пород (например, между магматическими, метаморфическими и осадочными породами), владеть навыками определения физических свойств горных пород и распознавания основных пороодообразующих минералов (кварца, полевого шпата, цветных минералов, карбонатов и др.), уметь проводить химические испытания: на фосфор, на взаимодействие с 10 %-ной соляной кислотой, на окрашивание азотной кислотой карбонатов и глинистых минералов. При сравнении полученных данных с показателями определителя, потребуется выполнить анализ многолучевой диаграммы.

Диагностика горной породы производится по совокупности различных признаков. Для проведения визуального (макроскопического) анализа, с целью определения петрографического состава горной породы, необходимо иметь соответствующий материал в виде 2-3 крупных обломков (размером ориентировочно 30х30х20 см) со свежими сколами, по которым можно изучить структуру и текстуру распознаваемой породы. При невозможности получения образца искомого размера, его крупность может быть снижена до 12х9х2 см. В полевых условиях для ориентировочной оценки выполняют только визуальный анализ, для этого с целью рассмотрения отдельных зерен, необходимо иметь увеличительное стекло (кратность увеличения 7-10). В местах коренного выхода породы на поверхность необходимо зафиксировать условия её залегания, чтобы в дальнейшем дать правильную оценку образования породы.

Однако, более подробное исследование можно выполнить только в камеральных условиях. Прежде всего образцы породы необходимо разделить визуально на отдельные их виды: магматические, метаморфические и осадочные, с учетом особенностей их структуры и текстуры.

Например, магматические породы классифицируются по количественному соотношению (семь групп) пороодообразующих минералов (классификация

А. Н. Заварицкого), для которых важнейшими классификационными минералами являются: плагиоклаз, ортоклаз, микроклин, кварц, оливин, биотит, роговая обманка, нефелин. Для хорошо раскристаллизованных пород характерна плотная структура с кристаллами различных размеров.

Самым типичным отличием метаморфических пород от магматических является их слоистость. Однако, надо учитывать, что отдельные виды метаморфических пород, например, мрамор, не имеют слоистости, поскольку они состоят из кальцита и кварцита. Осадочные породы в большей степени характеризуются зернистостью, а не кристаллами, кроме того, они имеют пористую структуру. И конечно самым наглядным примером отличия этих пород друг от друга является их прочность. Поэтому, придав искомому образцу правильную форму и подвергнув образец испытанию на прессе, можно получить данные, характеризующие их прочность (таблица 1).

Табл. 1. Прочностные результаты горных пород

Наименование горной породы	Средняя плотность, г/см ³	Предел прочности при сжатии, МПа
Магматические интрузивные: гранит, сиенит габбро	2.5-2,9 2.9-3,2	100-330 100-300
Магматические эффузивные: кварцевый порфир трахит андезит	2.5-2.7 2.0-2,4 2,3-2.4	80-300 32-240 160-330
Метаморфические: мрамор кварцит	2,6-2,8 2,5-2,7	60-300 250-400
Осадочные: известняк доломит известняк метоморфизированный гипсовый камень	1,8-2,6 2,2-2,8 2,6-2,8 2,0-2.3	15-100 15-200 60-180 30-300

Скальные горные породы с пределом прочности на одноосное сжатие более 120 МПа, относятся к очень прочным, с пределом прочности 120...50 МПа к прочным, 50...15 МПа средней прочности, 15...5 МПа к малопрочным.

В лабораторных условиях точную характеристику структуры горной породы можно получить с помощью поляризационного микроскопа. Кроме того, только в лабораторных условиях можно провести различные химические анализы, начиная с обычных качественных и количественных до дериватографического и рентгеноструктурного. С помощью 10 %-ной соляной кислоты можно наблюдать кипение с выделением углекислого газа, что свидетельствует о том, что главный породообразующий минерал относится к классу карбонатов (предположительно – кальцит (известковый шпат)).

На основании вышеизложенного материала можно заключить, что методика определения вида горной породы включает отдельные этапы.

1) Разделение породы на сыпучую, легко-, трудно- и неломяющуюся руками производят на основании предварительного изучения горной породы. По этому признаку можно отнести породу к осадочной рыхлой или сцементированной, или к кристаллической. По наличию кристаллов магматические породы необходимо разделить на интрузивные с зернистой структурой (полнокристаллической) и эффузивные (порфировой, стекловатой, пористой структурой). По цвету каждую породу можно отнести к группе: лейкократовой (кислые породы), мезократовые (средние по цветовому индексу) и меланократовой (основные или ультраосновные породы). У средних пород преобладает серая окраска. Метаморфические породы необходимо разделить по текстуре на: сланцеватую, пятнистую, пльчатую, массивную.

2) Разделение пород на группы в зависимости от их генезиса. На основании визуального анализа можно произвести разделение на магматические и метаморфические породы, по наличию или отсутствию слоистости.

3) Инструментальные исследования по определению микро- и макроскопического строения изучаемой породы (структуры, текстуры), при этом фиксируются внешние петрографические признаки (цвет, однородность, блеск, характер скола, наличие и характер различных включений, трещины). Микроскопическое исследование минералов в образце включает применение метода окрашивания карбонатов с помощью ализарина. В результате проведения анализа изучают окраску различных минералов. Например, кальцит окрашивается в розовый цвет, доломит и сидерит остаются бесцветными.

4) Лабораторные химические исследования, на основании которых можно обозначить минералогический состав горной породы. Например, кварц растворяется во фтористоводородной кислоте, а в других кислотах не растворяется; кальцит растворяется в разбавленной соляной кислоте. Воздействие 10 процентной соляной кислотой позволит выделить карбонатные породы. При определении фосфора в горных породах (реакция на фосфор), путем воздействия азотной кислоты на образец, можно определить наличие таких минералов как апатиты, фосфориты. Если поверхность образца покрыть на 2 минуты фиолетовыми чернилами, разбавленными HCl до позеленения, то на кальците пятно станет фиолетовым, а на доломите останется зеленым. При удалении чернил фильтровальной бумагой кальцит останется фиолетовым, а доломит – бесцветным. Кварц растворяется во фтористоводородной кислоте, электричество не проводит, обладает пьезоэлектрическим и пьезоэлектрическим эффектами;

5) сравнение результатов проведенных анализов с характеристиками таблицы-определителя, составленной с учетом многолучевой диаграммы [1].

Определитель горных пород составлен с учетом их разделения на:

- породы, состоящие из основной массы и включений;

- породы полосчатые, слоистые, где отдельные слои имеют однородное строение;

- породы однородные.

Дальнейшие исследования проводят по следующим признакам:

- наличие шарообразных кристаллов;

- характеристика текстуры (пористая, губчатая, пузыристая);

- характеристика структуры (зернистой - тонкозернистой, скрытокристаллической – сланцеватой, массивной);

- присутствие сцементированных обломков горных пород и отдельных минералов;

- наличие цветных минералов (более 50 %, 50 - 5 %, 5 – 0 %);

- присутствие пороодообразующих минералов (кварц, полевой шпат, кальцит, нефелин и др.).

При наличии выбранных показателей переходят к многолучевой диаграмме, которая представляет собой схему в виде ветвей, на которой обозначены выше приведенные признаки. Последовательное перемещение по ветви с учетом полученных данных позволит дойти до конца ветви, где будет приведено название горной породы. Диаграммы для пород с включениями, слоистых и однородных, составлены с учетом разделения пород на виды. В результате выполнения всех этапов по выше обозначенной методике определяют название, как правило, нескольких горных пород, совпадающих по отдельным признакам, из которых необходимо выбрать единственную. Для этого необходимо воспользоваться описанием выбранных пород в разделе «Диагностика», выбранного определителя, и сравнить данные из этого раздела с полученными характеристиками при полевом и лабораторном исследовании.

Немаловажное значение имеют условия залегания горной породы, которые должны быть зафиксированы при полевом обследовании и с учетом которых можно диагностировать наименование горной породы. Однако, для этого необходимы более глубокие знания и соответствующий опыт работы.

В лабораторных условиях для диагностики минерала или минералогических скоплений может быть применен дифференциальный термический анализ – ДТА, позволяющий получить дифференциальные термограммы, отражающие изменение тепла в виде его поглощения или выделения. Более совершенным методом, позволяющим наряду с тепловыми процессами получить дополнительные сведения по изменению массы кристаллических образцов минералов при нагревании, является дериватографический метод. Применяется данный метод для исследования быстро протекающих процессов перехода от одного состояния к другому, при разделении молекулярных комплексов на большее количество молекулярных элементов, например, при определении количества воды и гидроксидов в минералах.

Качественная диагностика кристаллического материала может быть проведена с помощью рентгеноструктурного анализа (РСА), в основе которого лежит прохождение рентгеновских лучей сквозь кристаллическую решетку

минерального образца. Под действие рентгеновских лучей электроны атомов кристаллического образца приобретают вынужденные колебания определенной частоты, в результате чего происходит рассеивание рентгеновских лучей, сопровождающееся дифракцией, т. е. огибанием волнами электронов, а при наложении волн друг на друга происходит изменение результирующей амплитуды. Такое явление называется интерференцией. Этот метод применим для диагностики более чем двухсот минералов, относящихся к классу угольной кислоты (карбонатам) и имеющие в своем составе такие химические элементы как кальций, натрий, магний, железо и др. Данные, полученной в результате диагностики, необходимо обсудить на консультациях с квалифицированными специалистами.

Наиболее сложными исследованиями в изучении горных пород являются геофизические, которые включают в себя электрический каротаж в сочетании с радиоактивными и акустическими методами, позволяющими определить литологический состав горной породы.

Выбранная методика позволяет определить название горной породы.

На основании приведенных данных можно сделать следующие выводы.

Вид горной породы, при её использовании в качестве материала для строительства автомобильных дорог, оказывает большое влияние на прочностные свойства инженерной конструкции. В связи с этим, необходимо возможно точно определить название горной породы, с целью обеспечения необходимых эксплуатационных свойств дороги.

Диагностика горных пород может быть проведена специалистом, обладающим необходимыми знаниями по определению вида минерала, полевым инженерно-геологическим обследованиям, определению физических и химических свойств минералогических образований.

Процесс диагностики включает подготовительный этап, проведение визуального анализа минеральных образцов, серию лабораторных инструментальных испытаний по определению физических и химических свойств исследуемых образцов.

Определение названия горной породы основывается на сравнении результатов проведенных анализов с данными таблицы-определителя и консультативном заключении.

Список литературы

1. Материалы и горные породы СССР / Здорик Т. Б. [и др.]. – Москва: Мысль – 1970. – 438с.

Контакты:

babaskiny@mail.ru (Бабаскин Юрий Георгиевич).