УДК 624.131

О.Н.ГРЯЗНОВ
Уральская государственная горно-геологическая академия

ИНЖЕНЕРНАЯ ПЕТРОЛОГИЯ МЕТАСОМАТИТОВ

Рассматриваются теоретические и прикладные вопросы изучения метасоматитов в инженерной геологии. Детально выполнен анализ минерального состава пород, связанных с развитием определенных ассоциаций вторичных минералов, структурно-текстурных особенностей и физико-механических свойств пород. Приведены результаты инженерно-геологических исследований метасоматитов различных эндогенных месторождений Урала и Центральной Сибири. Установлено закономерное изменение физико-механических свойств этих пород в зависимости от характера и типа метасоматических процессов. Инженерная петрология метасоматитов рассматривается как новое научное направление инженерной геологии.

The article considers both theoretical and applied issues of study of metasomatites in engineering geology and ascertains the detailed analysis of mineral composition of rocks, their structural and texture peculiarities. It illustrates the results of engineering and geological research of metasomatites of endogenous deposits in the Urals and Central Siberia. The article goes on to state regular change in physical and mechanical properties of the rocks due to the type and character of metasomatic process. The author of the article considers engineering petrology of metasomatities to be a new scientific trend of engineering geology.

Инженерно-геологические условия (ИГУ) массивов горных пород, в особенности эндогенных месторождений полезных ископаемых, во многом определяются типом развития и масштабом проявления гидротермально-метасоматических процессов, свойствами метасоматически преобразованных пород. К сожалению, их изучению как инженерно-геологических объектов уделяется недостаточно внимания. Вместе с тем изучение физико-механических свойств гидротермально-метасоматических горных пород имеет чрезвычайно важное теоретическое и прикладное значение. Инженерная петрология метасоматитов может рассматриваться в качестве нового научного направления инженерной геологии (Грязнов, 1994).

Наши многолетние исследования рудоносных метасоматитов эндогенных месторождений складчатых поясов (Грязнов, 1992) свидетельствуют о существенном изменение минерального и химического состава, физических свойств горных пород при метасоматическом преобразовании. Изучению физико-механических свойств метасоматитов посвящено мало публикаций (Алтынцев, Грязнов, 1975; Алексеев, 1984; Красилова, 1985; Гуман, 1988; Грязнов, Абатурова, Гуман, 1994; Фролова, 1998; Грязнов, Дубейковский, 1999 и ряд других).

На месторождениях, образованных при участии метасоматических процессов, рудные тела располагаются в ореолах метасоматитов. Околорудные метасоматиты по своим физико-механическим свойствам отличаются от пород вмещающего комплекса, что необходимо учитывать при районировании месторождений по ИГУ. Немаловажное значение эти вопросы приобретают в скальных массивах, сложенных метаморфическими, метаморфогенно-метасоматическими, магматогенно-метасоматическими горными породами.

Метасоматическая горная порода – ассоциация вторичных метасоматических минералов, находящихся в закономерных количественных, структурно-текстурных соотношениях и причиной зависимости от формирующих их петрогенетических процессов. При изучении и выделении метасоматических горных пород необходимо и достаточно учитывать три главных фактора:

1) развитие определенной ассоциации вторичных минералов; 2) их количество; 3) структуру и текстуру пород. Они определяют химические и физико-механические свойства горных пород.

Конкретная ассоциация вторичных минералов, возникающая в результате проявления того или иного петрогенетического процесса, определяет конкретную горную породу, принадлежащую конкретной метасоматической формации (скарн, альбитит, грейзен, березит, лиственит, аргиллизит, джаспероид и т.д.). Принятая на сегодня номенклатура формаций обуславливается ассоциацией вторичных минералов (породой) внутренних зон. Однако вследствие дифференциальной подвижности компонентов и опережающей волны кислотности при развитии метасоматических процессов возникают зонально построенные ореолы метасоматитов. Для каждой зоны метасоматической колонки характерен свой устойчивый парагенезис минералов. В силу неполного замещения первичных минералов в промежуточных, и особенно во внешних зонах, возникают смешанные парагенезисы реликтовых и новообразованных (эпипородных) минералов.

Количество вторичных минералов имеет принципиальное значение для выделения метасоматических горных пород. Вопрос о минимальном количестве вторичных минералов, при котором возможно выделение внешних зон ореолов метасоматитов, изучен слабо. В общем случае количество новообразованных минералов в зависимости от интенсивности метасоматического преобразования исходных пород можно примерно оценить следующим образом: внешние зоны метасоматических колонок – 10-20 %; промежуточные зоны – 21-50 %; внутренние зоны – 51-100 %, в том числе собственно метасоматиты – 80-100 %.

Структура и текстура горных пород имеет характерные черты. Внешним зонам метасоматических колонок обычно свойственны псевдоморфные структуры. По мере усиления интенсивности процесса от внешних зон к внутренним появляются структурные перекристаллизации, которые во внутренних зонах являются доминирующими. Текстуры метасоматических пород внутренних зон обычно однородные. В промежуточных и особенно во внешних зонах сохраняются текстуры первичных пород. Вследствие частичной перекристаллизации могут возникать такситовые текстуры.

Совокупности горных пород, образованных в различных зонах метасоматической колонки в результате комплекса изменений, связанных с воздействием определенного типа растворов на породы одинакового или близкого состава при определенных внешних условиях (температура, давление, ряд подвижности, концентрация вполне подвижных компонентов), представляют, по В.А.Жарикову, метасоматические фации. Интегральным выражением ассоциации метасоматических фаций служат метасоматические формации. В континентальных блоках земной коры сегодня можно выделить не менее 36 рудоносных метасоматических формаций с большим разнообразием слагающих их метасоматических горных пород. Изучение химических, физических, водных, механических свойств метасоматических горных пород скальных массивов, их трансформация в зоне гипергенеза, прогнозирование этих изменений составляют содержание нового научного направления в инженерной геологии – инженерной петрологии метасоматитов.

Результаты исследований метасоматитов эндогенных месторождений Урала позволяют обратить внимание специалистов на поставленную проблему (Грязнов, 1992, 1994; Грязнов, Абатурова, Гуман, 1994; Грязнов, Дубейковский, 1999 и др.).

Скарново-магнетитовые месторождения Тагило-Кушвинского рудного района размещаются в вулканогенно-осадочных породах силура, прорванных интрузивами одноименного комплекса (S_2-D_1) габбро-сиенитовой формации. Высокотемпературные процессы контактового метаморфизма и скарнообразования и средне- и низкотемпературные пострудные преобразования пород существенно повлияли на дифференциацию инженерно-геологических характеристик горных пород. По материалам О.М.Гуман

и С.Г.Дубейковского прочность на сжатие роговиков и скарнов (149,7-167,8 МПа), околоскарновых диопсид-альбитовых метасоматитов (150 МПа) значительно превышает аналогичные свойства исходных туфов, туфогенно-осадочных горных пород (78-90 МПа) и известняков (48 МПа), а пострудные изменения их ослабляют (96,5-133 МПа). Вариации прочностных свойств на растяжение имеют ту же тенденцию.

Более контрастно дифференциация физико-механических свойств метасоматитов проявляется на средне- и низкотемпературных месторождениях. На месторождениях уран-молибденовой рудной формации Центральной Сибири рудные тела локализуются в интенсивно березитизированных и пиритизированных щелочных вулканогенных породах девона. Гидротермально измененные породы и руды, по Ю.В.Алтынцеву и О.Н.Грязнову, дифференцируются по своим плотностным, магнитным, электрическим и радиоактивным свойствам. Использование анизотропии электрических полей для обнаружения колчеданных залежей в полях рассланцованных кварц-хлорит-серицитовых метасоматитов Урала показано в работах А.А.Редозубова.

Образование месторождений хризотил-асбеста баженовского типа вызвано гидротермально-метасоматичекой серпентинизацией ультраосновных пород дунит-гарцбургитовой формации. По данным А.Ф.Алексеева, на Баженовском месторождении главными факторами ИГУ явились гидротермально-метасоматическая зональность и структурная нарушенность массива дунитов-перидотитов. Последние характеризуются высокими значениями прочности на сжатие, которая варьирует от 156,9 до 116,0 МПа в зависимости от состава серпентинового минерала при фреатической (автометасоматичсекой) серпентинизации (от антигоритовой до хризотиловой). Процесс гидротермальной серпентинизации, сопровождающей образование хризотил-асбеста, снижает механическую прочность горных пород, причем уменьшение предела прочности на сжатие имеет ту же тенденцию – от антигоритовых серпентинитов к хризотиловым, что можно видеть из следующих величин, МПа: антигоритовый серпентинит – 135,2; лизардит–антигоритовый – 96,4; хризотил-антигоритовый – 89,1; антигорит-лизардитовый – 85,1; лизардитовый – 73,1; хризотил-лизардитовый – 61,6; хризотиловый серпентинит – 52,5. На фоне гидротермально-метасоматической зональности ИГУ массива коррелируются с интенсивностью тектонической проработки пород, сопровождающейся низкотемпературным отальковванием и карбонатизацией.

Скальные массивы медноколчеданных месторождений Урала также отличаются неоднородностью физико-механических характеристик слагающих их эффузивных, эфузивно-осадочных и субвулканических горных пород палеозоя. Это обусловлено развитием регионального зеленокаменного метаморфизма и наложенных гидротермально-метасоматических процессов с образованием пропилитов и кварц-хлорит-серицитовых метасоматитов. Исследования свойств основных типов горных пород карьера Учалинского медноколчеданного месторождения, выполненные Э.И.Афанасиади, свидетельствуют о зависимости физико-механических характеристик от степени трещиноватости и вторичных изменений исходных пород. Наибольшими значениями плотности и предела прочности на сжатие отличаются зеленокаменные измененные габбро-диориты (2,99 г/см^3 и 113 МПа по средним значениям) и диабазовые порфириты (2,80 и 88,5 соответственно). В эпидозитах эти показатели уменьшаются до 2,83 и 74, а в околорудных кварц-серицитовых метасоматитах они минимальны (2,72 и 59 по средним величинам). Медно-колчеданные руды отличаются повышенными значениями показателей – 4,87 г/см^3 и 78 МПа.

Наиболее контрастно неоднородность проявления напряженно-деформированного состояния скальных массивов выражена на месторождениях золото-аргиллизитовой формации в зонах мезозойского рифтогенеза. Этот новый для Урала геолого-промышленный тип месторождений представлен Светлинским и Воронцовским месторождениями (Грязнов, Савельева, Кост-

ромин, 1995; Грязнов, Вахрушев, 1997). Оба объекта являются полигенными и полихронными. Аргиллизация завершает эндогенный этап формирования месторождений и ответственна за основную массу золотой минерализации. С гипергенным метасоматозом формирования коры химического выветривания связано перераспределение золота и окончательное оформление месторождений.

Рудовмещающие породы Светлинского месторождения (гнейсы, сланцы, амфиболиты, метаморфизованные эффузивы) по И.В.Абатуровой и Э.И.Афанасиади характеризуются плотностью 2,7-2,91 г/см^3, прочностью на сжатие 84-136 МПа, сцеплением 13-28 МПа и углом внутреннего трения 20-51 град. Кварц-биотитовые, кварц-биотит-амфиболовые метасоматиты и березиты отличаются повышенными значениями свойств: плотность варьирует от 2,8 до 2,93 г/см^3, прочность на сжатие изменяется от 127 до 201 МПа, сцепление 30-40 МПа, угол внутреннего трения 49-50 град. Низкотемпературным глинистым метасоматитам гидрослюдисто-монтмориллонит-каолинитового состава свойственна плотность 1,95-2,0 г/см^3, сцепление 0,024-0,086 МПа, а угол 10-37 град.

Приведенные примеры наглядно иллюстрируют закономерное изменение физико-механических характеристик горных пород при метасоматических процессах и важную роль метасоматитов как инженерно-геологических объектов скальных массивов эндогенных месторождений, во многом определяющих их инженерно-геологические условия.

Важное значение при изучении метасоматических горных пород, наряду с физико-механическими характеристиками, имеет их минеральный и химический состав. Особую роль они играют при вскрытии скальных массивов и развитии процессов выветривания. Наиболее неустойчивы в зоне гипергенеза сульфидизированные метаморфические горные породы (зеленые сланцы актинолит-эпидот-хлоритового состава, углеродисто-кремнистые сланцы и др.) и метасоматиты (пропилиты, оксеталиты, кварц-хлорит-серицитовые метасоматиты, березиты, листвениты, гумбеиты, кварц-турмалин-хлоритовые метосоматиты и др.). Окисление сульфидов обусловливает формирование агрессивных кислых сульфатных вод, ускоренное образование глинистых минералов, ослабление прочностных характеристик пород оснований инженерных сооружений. Нормативные документы, к сожалению, таких последствий не учитывают.