

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Для цитирования: Известия УГГУ. 2016. Вып. 2 (42). С. 7-12.

УДК 624.131.1+553.24+553.3(553.078)

DOI 10.21440/2307-2091-2016-2-7-12

ФЛЮИДНО-ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ РУДООБРАЗУЮЩИЕ ПРОЦЕССЫ КАК ФАКТОР ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ РУДОНОСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ УРАЛА

О. Н. Грязнов

Fluid-hydrothermal ore forming processes as a factor of engineering and geological conditions of Ural ore territories

O. N. Gryaznov

Endogenous deposits of the Urals are located in rock mass that have undergone fluid-hydrothermal conversion. Author gives the definitions of next concepts: metasomatic rock, facies, and formation. The metasomatic rock is an association of metasomatic minerals that are in a regular quantitative, structural and textural relationships and causal dependence from petrogenetic processes that form them. Author suggests an assessment of the extent metasomatic transformation of rocks depending on the number of newly formed minerals. Metasomatic facies (by V. A. Zharikov) refer to a set of rocks of unified metasomatic column. Metasomatic formation is a stable association of metasomatic rocks, occurring as a result of manifestation of Petrogenetic process that is single in time and space. Each formation is characterized by a set of statistically stable signs. The proposed classification of ore metasomatic formations of the Urals includes 33 formations. Study also offers the classification of endogenous ore formations of the Urals, associated with the development of a certain type of ore metasomatic formations that control the formation of fluid-hydrothermal deposits of a particular family of ore formations. The metasomatic rocks of endogenous deposits represent a special group of rocks for engineering and geological characteristics. The presence of deposits with their engineering and geological features largely determines geotechnical conditions of massifs. In this regard, fluid-hydrothermal ore-forming processes, responsible for the formation of endogenous deposits of metallic and non-metallic minerals, act in the Urals as important factors of engineering-geological conditions of ore-bearing areas - ore fields, regions, and metallogenic zones.

Keywords: fluid, hydrothermal, ore-forming process, metasomatic rock, ore deposit, factor, geotechnical conditions.

Эндогенные месторождения Урала локализуются в массивах горных пород, претерпевших флюидно-гидротермальные преобразования. Даны определения понятий: метасоматическая горная порода, фация, формация. Под метасоматической горной породой понимается ассоциация метасоматических минералов, находящихся в закономерных количественных, структурно-текстурных соотношениях и причинной зависимости от формирующих их петрогенетических процессов. Предложена оценка степени метасоматического преобразования горных пород в зависимости от количества новообразованных минералов. Под метасоматической фацией (по В. А. Жарикову) понимается совокупность горных пород единой метасоматической колонки. Метасоматическая формация – устойчивая ассоциация метасоматических пород, возникающая в результате проявления единого во времени и пространстве петрогенетического процесса. Каждая формация характеризуется набором статистически устойчивых признаков. Предложена классификация рудоносных метасоматических формаций Урала, включающая 33 формации. Приведена классификация эндогенных рудных формаций Урала, связанных с развитием определенного типа рудоносных метасоматических формаций, контролирующего формирование флюидно-гидротермальных месторождений конкретного семейства рудных формаций. Метасоматические горные породы эндогенных месторождений представляют особую группу пород по инженерно-геологическим характеристикам. Наличие месторождений с их инженерно-геологическими особенностями во многом определяет инженерно-геологические условия массивов. В связи с этим флюидно-гидротермальные рудообразующие процессы, ответственные за формирование эндогенных месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых, выступают на Урале в качестве важных факторов инженерно-геологических условий рудоносных территорий – рудных полей, районов, металлогенических зон.

Ключевые слова: флюид; гидротермальный; рудообразующий процесс; метасоматическая горная порода; месторождение; фактор; инженерно-геологические условия.

Урал как опорный край Российской державы знаменит богатством своих недр. По данным Л. Н. Овчинникова (1990), по состоянию на конец 1970-х гг. на Урале было отработано более 200 месторождений полезных ископаемых. На начало XXI в., по В. А. Прокину, в регионе насчитывалось свыше 100 месторождений рудных и

нерудных полезных ископаемых. Из них часть находилась в стадии активной разработки, часть – в государственном резерве, подготовленная к эксплуатации, часть на стадиях геологоразведочных работ и часть отработана в последние 10–20 лет [1].

Эндогенные месторождения Уральского складчатого пояса принадлежат к 63 рудным формациям, относящимся к 33 рудоносным метасоматическим формациям, объединенным в 3 класса и 4 генетические группы: магматогенные (плутоногенные, плутоногенно-вулканогенные, вулканогенные), метаморфогенные (связанные с плутонометаморфизмом и зональным региональным метаморфизмом) и полигенные формации [2].

Эндогенные месторождения локализуются в массивах горных пород, претерпевших флюидно-гидротермальные метасоматические преобразования. Метасоматическое преобразование пород и рудоотложение – звенья единой цепи событий, связанных с петрорудогенетическим процессом. При этом гидротермальные изменения проявляются несравненно шире, занимая большую часть объема исходных пород, чем рудные тела. Рудоотложение по масштабам существенно уступает «околорудному» преобразованию пород, представляя собой фрагмент общего гидротермального процесса. Вместе с тем определенным метасоматическим формациям свойственны и определенные полезные ископаемые, отражающие их металлогеническую специализацию.

По характеру временных и пространственных взаимоотношений метасоматические формации сопровождаются типами синхронного, сопряженного (или сопутствующего) и наложенного оруденения [3]. Это свидетельствует о необходимости выделения рудно-метасоматических ассоциаций. Последние отвечают генетически или парагенетически (по происхождению или сонахождению) связанным системам гидротермально измененных пород и руд (скарновая железорудная, скарново-полиметаллическая, альбититовая редкометаллическая, грейзеновая вольфрам-молибденовая, лиственит-березитовая золото-кварцевая, аргиллизитовая уран-молибденовая и др.). Такие ассоциации могут быть положены в основу весьма прогрессивного направления систематизации эндогенных рудных формаций месторождений и разработки методики количествен-

ного прогнозирования эндогенной минерализации [4].

Предваряя вывод о роли флюидно-гидротермальных рудообразующих процессов как важного фактора инженерно-геологических условий рудоносных территорий (рудных полей, районов, металлогенических зон), полагаем целесообразным рассмотреть ряд основополагающих вопросов: метасоматоз, метасоматическая горная порода, метасоматическая фация, метасоматическая формация, классификация метасоматических формаций, главные типы рудных формаций и их месторождения на Урале, позволяющих раскрыть содержательную сущность поставленной проблемы.

Метасоматоз – петрогенетический процесс, протекающий путем замещения одних минералов другими без изменения твердого агрегатного состояния исходных горных пород независимо от источника вещества. Осуществляется как с перераспределением вещества внутри данного объема пород, с поступлением его извне, так и с выносом вещества. По энергетическому источнику процесс подразделяется на эндогенный (магматогенный-плутоногенный, вулканогенный, метаморфогенный) и экзогенный (гипергенный, литогенный) метасоматоз [4].

Для большинства являемых осадочного, магматического и метаморфического петрогенезиса метасоматоз ограничивается минеральным уровнем реакций, приводя к экстенсивному замещению лишь незначительного количества исходных минералов (не более 10 %). Наиболее полно и интенсивно в эндогенных условиях метасоматоз проявляется при гидротермальном породе- и рудообразовании, обуславливая возникновение совершенно новой горной породы в объеме реагирующей системы. Эти черты метасоматоза определяют его двойственный характер.

Метасоматическая горная порода

Под метасоматической горной породой понимается ассоциация вторичных метасоматических минералов, находящихся в закономерных количественных, структурно-текстурных соотношениях и причинной зависимости от формирующих их петрогенетических процессов [4]. При изучении и выделении метасоматических пород любой фации или формации, по-видимому, необходимо и достаточно учитывать три главных фактора: 1) развитие определенной ассоциации вторичных минералов; 2) их количество; 3) структуру и текстуру пород.

Конкретная ассоциация вторичных минералов, возникшая в результате проявления того или иного петрогенетического процесса, определяет конкретную горную породу, принадлежащую конкретной метасоматической формации (скарновой, грейзеновой, березитовой, аргиллизитовой и т. д.). Применяемая в настоящее время номенклатура формаций обуславливается ассоциацией вторичных минералов (породой) внутренних зон. Однако из-за дифференциальной подвижности компонентов и опережающей волны кислотности [5] 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. В связи с этим породы зон следует называть с учетом обоих парагенезисов: хлоритизированный и карбонатизированный гранит, каолинизированный и окварцованный гранит или слабо-, средне-, сильноаргиллизированный гранит применительно к данному примеру и т. д. [4].

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. Имеющиеся публикации и накопленный опыт позволяют считать, что внешние зоны метасоматических колонок следует диагностировать при количестве новообразованных минералов данной ассоциации более 10 % объема породы. Геологический словарь определяет эпипороду как «...вторичную горную породу с сохранившимися в ней реликтами первичной породы». По В. Гольдшмидту и А. А. Полканову [4], собственное название вторичной метасоматической горной породе присваивается при количестве вторичных минералов соответствующей ассоциации 50 % и более. При меньшем количестве используются термины по минеральному замещению (серицитизированная, окварцованная горная порода) или интенсивности развития данного типа изменений (слабо-, средне-, сильноберезитизированная горная порода).

В общем случае количество новообразованных минералов в зависимости от интенсивности метасоматического преобразования исходных пород можно оценить примерно следующим образом: внешние зоны метасоматических колонок – 10–20 %, промежуточные зоны – 21–50 %, внутренние зоны колонок – 50–100 %, в том числе метасоматиты – 80–100 % [4]. Что касается структур и текстур метасоматических горных пород, то внешним зонам метасоматических колонок обычно свойственны псевдоморфные структуры. По мере усиления интенсивности процесса от внешних зон к внутренним появляются структуры перекристаллизации, которые во внутренних зонах доминируют. Текстуры метасоматических пород внутренних зон обычно однородные. В промежуточных и особен-

но внешних зонах сохраняются текстуры первичных пород. Ввиду частичной перекристаллизации могут возникать такситовые текстуры.

Метасоматическая фация

Согласно представлениям Д. С. Коржинского [5], метасоматические горные породы, образовавшиеся при одинаковых внешних условиях (при вполне подвижном состоянии одних и тех же компонентов и одинаковой концентрации их в растворе), относятся к одной метасоматической фации. Развивая эти суждения, В. А. Жариков дает следующее определение метасоматической фации: «Под метасоматической фацией понимается совокупность пород, образованных в различных зонах метасоматической колонки в результате комплекса изменений, связанных с воздействием определенного типа растворов на породы одинакового исходного состава при определенных внешних условиях (температура, глубинность, ряд подвижности, концентрация вполне подвижных компонентов)». Эти процессы протекают в определенный этап гидротермального цикла. Понятие «фация» может быть трансформировано через минеральный состав и зональность как «...совокупность метасоматических пород, характеризующихся закономерным сочетанием минеральных парагенезисов в единой метасоматической колонке» [3, 6].

Метасоматическая формация

Данное понятие определяется авторами по-разному. Согласно В. А. Жарикову, метасоматическая формация представляет собой совокупность метасоматических пород, возникших в результате одного петрогенетического процесса (или генетически единого геологического процесса). В соответствии с последним определением [6], «...метасоматическую формацию следует обозначать как индивидуализированную естественную совокупность метасоматических фаций, характеризующуюся единым определенным минеральным ансамблем и единой определенной геологической позицией».

Б. И. Омеляненко [3] считает, что в этих формулировках отсутствуют критерии формационной самостоятельности метасоматитов. Им предложено понимать под метасоматической формацией «...совокупность метасоматических пород, характеризующихся рядом устойчивых (статистически устойчивых) признаков, которые выдерживаются в пределах крупных рудоносных провинций и повторяются в сходных геологических условиях в других районах». Предложено шесть таких признаков: место в геологической истории района; связь с определенным типом магматизма; особенности минерального и химического состава; условия локализации; строение метасоматических тел; геохимическая и металлогеническая специализация. Данный перечень признаков следует дополнить связью с региональным метаморфизмом и ультраметаморфизмом; учетом не только типа, но и состава магматических образований; физико-химическими условиями образования. Рассмотренное определение не заменяет формулировки В. А. Жарикова, а по сути дела конкретизирует и дополняет её.

Д. В. Рундквист и И. Г. Павлова [7] рассматривают гидротермально-метасоматическую формацию в качестве разновидности геологической формации, т. е. как «...закономерную статистически устойчивую совокупность горных пород (руд), связанных общей структурой». Подобного мнения придерживаются Е. В. Плющев и О. П. Ушаков [8] применительно к метасоматическим преобразованиям пород регионального распространения.

Разделяя представления В. А. Жарикова и Б. И. Омеляненко, можно предложить ещё одно определение метасоматической формации, уточняющее более ранние формулировки [4]: под метасоматической формацией понимается устойчивая ассоциация метасоматических горных пород, возникающая в результате проявления единого во времени и пространстве петрогенетического процесса. Каждая метасоматическая формация характеризуется генетическими взаимоотношениями с магматизмом или метаморфизмом, конкретными геологическими условиями образования, индивидуальными чертами строения метасоматических тел, устойчивым минеральным и химическим составом, определенными РТХ-условиями развития, геохимической и металлогенической специализацией. Рудоносной является метасоматическая формация, полезные компоненты которой связаны с тем же петро-рудогенетическим процессом.

Термин «метасоматическая формация» обычно употребляется в двух различных, но тесно связанных друг с другом смыслах – абстрактном и конкретном. Абстрактная метасоматическая формация (формационный тип) отражает все черты метасоматической формации, не привязанные к месту и времени в геологической истории. Устойчивая ассоциация метасоматических пород с определенным набором признаков и вызвавший их петрогенетический процесс могут развиваться в одних и тех же, но разобщенных пространственно геологических структурах и иметь разный возраст. Иными словами, формационный тип – это обобщенный абстрактный образ метасоматической формации (альбититовая, грейзеновая, лиственил-березитовая, аргиллизитовая и т. д.).

Конкретная метасоматическая формация характеризует устойчивую ассоциацию метасоматических пород с признаками формационной самостоятельности, занимающую конкретное, определенное место в пространстве и во времени, имеющую определенные генезис, возраст и по-

ложение в геологических структурах (верхнепалеозойская альбититовая формация Полярного Урала; раннепалеозойская грейзеновая формация Харбейского месторождения Полярного Урала; верхнепалеозойская лиственит-березитовая формация Березовского рудного поля; триас-юрская аргиллизитовая формация Кушмурунской депрессии Тургайского прогиба и т. д.). Конкретные метасоматические формации включают в себя все обобщенные черты абстрактной формации, но в то же время имеют некоторые индивидуальные особенности (определенная геохимическая и металлогеническая специализация и др.). Они реализуются в виде конкретных геологических (метасоматических) тел с соответствующими параметрами [4].

Несмотря на довольно обширную информацию по метасоматически преобразованным породам различных типов эндогенных месторождений Урала, обобщающие работы по их систематизации пока редки. Одна из первых классификаций типов, фаций, ступеней метаморфизма, метасо-

матических процессов, формаций и изменений зеленокаменной полосы восточного склона Южного Урала разработана В. М. Нечухиным, В. А. Марксом и В. А. Прокиным. В работах В. А. Прокина [9] и А. И. Кривцова [10] приведены небольшие сводки по эпигенетическим образованиям колчеданных месторождений. А. М. Дымкин и В. М. Щербак систематизировали метасоматиты скарново-магнетитовых месторождений Тургай [11]. А. И. Грабежев и В. Н. Сазонов [12] выполнили классификацию формаций и фаций метасоматитов редкометалльных и золоторудных месторождений. Классификация рудоносных метасоматических формаций Урала на геолого-тектонической основе была предложена авторами в 1976 г. на первом Уральском совещании по метасоматизму. Позднее она была дополнена и переработана.

По устойчивым признакам в структурно-вещественных комплексах Урала в настоящее время с достаточной достоверностью установлено 33 рудоносных метасоматических формации (табл. 1).

Таблица 1. Главные типы рудоносных метасоматических формаций Урала и их металлогеническая специализация [2, 4].

Формации	Металлогеническая специализация
1. МАГМАТОГЕННЫЕ ФОРМАЦИИ	
<i>1.1. Плутоногенные</i>	
<i>1.1.1. Послеинтрузивные контактовые</i>	
Магнезиальных скарнов	Fe, В, флогопит, Мо, W, Sn, Be, Pb, Zn, Cu, Au
Известковых скарнов	Fe, Cu, Co, As, Au, W, Mo, Pb, U, драгоценные и цветные камни
Фенитовая	TR, Nb, Ta, Zr, U, Th
<i>1.1.2. Послемагматические</i>	
Полевошпатовых метасоматитов	Ta, Nb, Be, Li, Cs, драгоценные и цветные камни
Альбититовая (апогранитная)	Ta, Nb, TR, Zr, Be, Sn, W
Грейзеновая	Mo, W, Sn, Be, Li, Cs, драгоценные камни
Кварц-турмалин-хлоритовых метасоматитов	Sn, Mo, Cu, Au
Серпентинитовая	Хризотил-асбест
Щелочных полевошпатовых метасоматитов	Nb, Ta, TR, Zr
Альбититовая (апомиаскитовая)	Nb, Ta, (TR)
Уралитовая	Fe, Ti, V, Pt, Pd, P, Cu, Ni
<i>1.2. Плутоногенно-вулканогенные послемагматические</i>	
Пропилитовая	Fe, Cu, Mo, Zn
Оксеталитовая	Cu, Mo, Au, Sn, Pb, Zn, Ag
Лиственит-березитовая	Au, U, Mo, Pb, Zn, Ba, Sb, Hg, горный хрусталь, драгоценные и цветные камни
Гумбеитовая	W, Au, U
Эйситовая	Au, U, Pb, Zn, Ba, Pb, Zr
Гидрослюдистых метасоматитов	U, Pb, Zn, Ag
Аргиллизитовая	Au, Ag, U, Mo, W, Be, Hg, Sb, драгоценные и цветные камни
Карбонатитовая	Nb, Ta, Zr, TR, P, Th, U, флогопит (вермикулит), Cu, Mo, Zn
<i>1.3. Вулканогенные послемагматические</i>	
Аргиллизитовая сольфатарно-фумарольная	S, бентонит, каолинит
Вторичных кварцитов	Cu, Mo, S, Al, Au, Sb, Hg
Кварц-хлорит-серицитовых метасоматитов	Cu, Zn, Pb, S (колчеданы)
2. МЕТАМОРФОГЕННЫЕ ФОРМАЦИИ	
<i>2.1. Формации, связанные с сиалическим плутонометаморфизмом и сопряженным зональным региональным метаморфизмом подвижных поясов</i>	
Мусковит-полевошпатовых метасоматитов	Полевые шпаты, мусковит
Гематит-магнетит-кварцевая	Fe
Кианит- (силлиманит)-мусковит-кварцевая	Al, мусковит
Антофиллитовая	Антофиллит-асбест
Рутил-кварцевая	Ti
Родонитовая	
Тальк-магнезитовая	
Кварцевожилльная хрусталеносная	
Углеродистых метасоматитов	Au, Cu, Pb, Zn, Mn, P
Кварц-слюдистых метасоматитов	Au
3. ПОЛИГЕННЫЕ ФОРМАЦИИ	
Железо-магнезиальных карбонатных метасоматитов	Fe, Mg, Cu

Этот перечень охватывает лишь те рудоносные метасоматиты, формационная самостоятельность которых в настоящее время установлена однозначно. Он не включает в себя родингиты (хлограпиты), биотит-амфиболовые метасоматиты, приразломные кварц-серицитовые метасоматиты и ряд других с неясной формационной принадлежностью. Околорудные породы стадии осаждения, синхронные с рудоотложением (полевошпатовые, серицитовые, хлоритовые, кварцевые, карбонатные, флюоритовые и др.), нередко именуемые как «околопрожилковые изме-

нения рудной стадии» [3], сопряжены с той или иной рудоносной метасоматической формацией. Они не автономны в своем развитии, и их не следует выделять в качестве самостоятельных формаций.

Эндогенные месторождения Урала принадлежат к известным на сегодня 63 рудным формациям. Их образование связано с развитием определенного типа рудоносных метасоматических формаций, контролирующего формирование флюидно-гидротермальных месторождений конкретного семейства рудных формаций, что зафиксировано в табл. 2.

Таблица 2. Рудные формации эндогенных месторождений Урала [2, 4].

Рудоносные метасоматические формации (группы и семейства рудных формаций)	Рудные формации	Месторождения
	<i>Плутоногенные</i>	
Магнезиальных скарнов	Магнетитовая магнезиально-скарновая Магнетитовая известково-скарновая	Валуевское, Лебяжинское
Известковых скарнов	Субформации: магнетитовая скарновая магнетитовая скаполитовая магнетитовая гидросиликатная (апоскарновая, пропилитовая)	Высокогорское, Соколовское, Сарбайское Качарское Куржункульское, Североуральские
	Медно-железородная Молибден-вольфрамовая (молибденит-шеелитовая) с золотом Полиметаллическая	Турьинское Урал Свинцовое
Полевошпатовых метасоматитов	Редкометалльная Камнесамоцветная	Мурзинско-Адуйская группа
Щелочных полевошпатовых метасоматитов Альбититовая (апогранитовая) Альбититовая (апомаскистовая)	Редкометалльная Редкометалльная Редкометалльная	Ильменско-Вишневогорская группа Полярный, Средний Урал Средний, Южный Урал, Мугоджары
Грейзеновая. Фации: мусковит-полевошпатовая, мусковитовая, мусковит-флюоритовая кварц-мусковитовая	Редкометалльно-вольфрамитовая (гюбнеритовая) Шеелит (вольфрамит)-молибденитовая	Боевско-Биктимировская группа Харбейское, Лонготюганское, Южно-Шамейское
мусковит-кварцевая	Молибденитовая (касситерит-молибденитовая)	Восток, Башкироводольское
слюдитовая (флогопитовых слюдитов)	Редкометалльно-изумрудноносная Шеелит-молибденитовая	Мурзинско-Адуйская группа Южно-Шамейское
Гумбейтовая	Шеелитовая (молибденит-шеелитовая)	Гумбейская группа, Кедровское
Серпентинитовая	Хризотил-асбестовая	Баженовское
Уралитовая	Титаномагнетитовая Медно-железо-ванадиевая Платиновая; платино-палладиевая Медно-никелевая сульфидная	Качканарское, Первоуральское Волковское Урал Пай-Хой
	<i>Плутоногенно-вулканогенные</i>	
Пропилитовая	Молибденово-медная прожилково-вкрапленная (боцекульский тип) Сфалерит-халькопиритовая прожилково-вкрапленная	Спиридоновское Малососьвинское
Оксеталитовая	Молибденово-медная порфировая (кальмакырский тип) Молибденово-медная прожилково-вкрапленная Медная прожилково-вкрапленная Полиметаллическая прожилково-вкрапленная	Баталинское, Бенкалинские, Лекынтальбейское Биргильдинское, Салаватское Иссиргужинское
Лиственит-березитовая	Золото-кварцевая Золото-сульфидная Золото-сульфидно-кварцевая Золото-сурьмяная Золото-скарновая Уран-полиметаллическая Медно-кобальтовая Сурьмяная Барит-полиметаллическая Колчеданно-полиметаллическая Кварцево-хрусталеносная	Крылатовское Куросанская группа Березовское Аятское Круглогорское Урал « Верхнеханмейское Саурейское Нижнеталотинское Ватиха
Гидрослюдистых метасоматитов	Уран-сульфидная	Урал

Рудоносные метасоматические формации (группы и семейства рудных формаций)	Рудные формации	Месторождения
Эйситовая. Фации: кварц-карбонат-кимрит-альбитовая карбонат-альбитовая	Полиметаллическая Золото-полевшпатовая	Саурейское Урал
Аргиллизитовая	Уран-молибденовая Золото-сульфидно-кварцевая Редкометаллическая Кварцево-хрусталеносная аметистовая Цветных камней (агат-переливт) Редкометаллическая	Урал Воронцовское, Светлинское Урал Ватиха Шайтанское Южный, Северный Урал
Карбонатитовая		
<i>Вулканогенные</i>		
Аргиллизитовая сульфатарно-фумарольная	Бентонит-каолинитовая	Южное
Вторичных кварцитов	Серноколчеданная (с наложенной медноколчеданной)	Кабанские
Кварц-хлорит-серицитовых метасоматитов	Серноколчеданная, медноколчеданная Медно-цинковоколчеданная	Детярское, Бурибайское Гайское и др.
<i>Метаморфогенные, связанные с плутонометаморфизмом и зональным региональным метаморфизмом</i>		
Мусковит-полевшпатовых метасоматитов	Керамических (мусковитсодержащих) пегматитов	Уфалейские, Сысертско-Ильменогорские
Гематит-магнетит-кварцевая	Метасоматических железистых кварцитов	Радостное, Малогагардшское, Маукское и др.
Кианит-(силлиманит)-мусковит-кварцевая	Мусковитовых пегматитов Кианитовая (кианит-силлиманитовая)	Слюдяногорское, Шумихинское Абрамовское, Сосновское, Кумус-Тюбе
Антофиллитовая Рутил-кварцевая Родонитовая	Антофиллит-асбестовая Рутиловая Родонитовая	Сысертское Уфалейская группа Малоседельниковское, Кургановское
Тальк-магнезитовая	Тальковая, тальк-магнезитовая	Сысертское, Шабровское
Кварцевожильная хрусталеносная	Кварцево-хрусталеносная	Приполярный, Южный Урал
<i>Полигенные</i>		
Железо-магнезиальных карбонатных метасоматитов	Сидеритовая стратиформная Магнезитовая стратиформная	Бакальская группа Саткинская группа

Анализ изложенного материала позволяет сделать ряд важных выводов:

1. Метасоматические горные породы эндогенных (магматогенных, метаморфогенных) месторождений Урала представляют особую группу пород по инженерно-геологическим характеристикам [4, 13].

2. Занимая значительные объемы в околорудном пространстве, они существенно отличаются по своим физическим, механическим и физико-химическим свойствам от неизменных горных пород рудовмещающего комплекса. Это определяет своеобразие инженерно-геологических условий массивов горных пород эндогенных месторождений [14].

3. Наряду с физико-механическими характеристиками, важное значение при изучении метасоматических горных пород 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 сланцы и метасоматиты. Окисление сульфидов обуславливает образование агрессивных сульфатных вод, ослабление прочностных характеристик пород оснований инженерных сооружений [14].

4. Наличие месторождений во многом определяет инженерно-геологические условия территорий, во-первых, в связи с их геолого-структурными особенностями, во-вторых, с инженерно-геологическими свойствами рудовмещающих и околорудных пород (рудоносных метасоматитов) и полезных ископаемых, в-третьих, с изменением инженерно-геологических условий вследствие их разработки на стадии горно-промышленного техногенеза (по Н. И. Плотникову, 1989). В связи с этим флюидно-гидротермальные рудообразующие процессы, ответственные за формирование эндогенных месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых, выступают на Урале в качестве важного фактора инженерно-геологических условий рудоносных территорий (рудных полей, районов, металлогенических зон).

ЛИТЕРАТУРА

1. Прокин В. А. Полезные ископаемые Урала // Природа Урала. Екатеринбург, 2002. Вып. 10. 253 с.
2. Грязнов О. Н., Золоев К. К., Ляхович Э. М. Картирование рудоносных

метасоматитов. М.: Недра, 1994. 271 с.

3. Омеляненко Б. И. Околорудные гидротермальные изменения пород. М.: Недра, 1978. 215 с.

4. Грязнов О. Н. Рудоносные метасоматические формации складчатых поясов. М.: Недра, 1992. 256 с.

5. Коржинский Д. С. Очерк метасоматических процессов // Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождениях. М.: Изд-во АН СССР, 1953. С. 332–452.

6. Жариков В. А., Омеляненко Б. И. Классификация метасоматитов // Метасоматизм и рудообразование. М.: Наука, 1978. С. 9–28.

7. Критерии прогнозной оценки территорий на твердые полезные ископаемые / под ред. Д. В. Рундквиста. Л.: Недра, 1986. 751 с.

8. Плющев Е. В., Ушаков О. П., Шатов В. В. и др. Методика изучения гидротермально-метасоматических образований. Л.: Недра, 1981. 261 с.

9. Прокин В. А. Закономерности размещения колчеданных месторождений на Южном Урале. М.: Недра, 1977. 176 с.

10. Кривцов А. И. Палеовулканизм эвгеосинклинальных зон Урала и колчеданообразование. М.: Недра, 1979. 168 с.

11. Дымкин А. М., Щербак В. М. Особенности формирования метасоматических и вулканогенно-осадочных руд Тургай. М.: Наука, 1973. 186 с.

12. Грабжева А. И., Сазонов В. Н. Формации и фации метасоматитов редкометаллических и золоторудных месторождений Урала // Вопросы петрологии Урала (магматизм, метаморфизм, литология). Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. С. 126–158.

13. Грязнов О. Н. Инженерная петрология метасоматитов // Записки Горного института. 2003. Т. 53. С. 140–143.

14. Грязнов О. Н., Гуман О. М., Ворожева А. В. Инженерная петрология метасоматитов медноколчеданных и скарново-магнетитовых месторождений Урала // Изв. вузов. Горный журнал. 2013. № 8. С. 147–155.

REFERENCES

1. Prokin V. A. 2002, *Poleznye iskopaemye Urala* [Minerals of the Urals]. *Priroda Urala* [Nature of Urals], Ekaterinburg, vol. 10, 253 p.
2. Gryaznov O. N., Zoloev K. K., Lyakhovich E. M. 1994, *Kartirovanie rudonosnykh metasomatitov* [Mapping of mineralized metasomatites], Moscow, 271 p.
3. Omel'yanenko B. I. 1978, *Okolordudnye gidrotermal'nye izmeneniya porod* [Wallrock hydrothermal alteration of rocks], Moscow, 215 p.
4. Gryaznov O. N. 1992, *Rudonosnye metasomaticheskie formatsii skladchatykh poyasov* [Ore-bearing metasomatic formations of fold belts], Moscow, 256 p.

4. Gryaznov O. N. 1992, *Rudonosnye metasomaticheskie formatsii skladchatykh pojasov* [Ore-bearing metasomatic formations of fold belts], Moscow, 256 p.
5. Korzhinskiy D. S. 1953, *Ocherk metasomaticheskikh protsessov* [Sketch of the metasomatic processes]. *Osnovnye problemy v uchenii o magmatogennykh rudnykh mestorozhdeniyakh* [The main problems in the study of magmatogenic ore deposits], Moscow, pp. 332–452.
6. Zharikov V. A., Omel'yanenko B. I. 1978, *Klassifikatsiya metasomatitov* [Classification of metasomatites]. *Metasomatizm i rudoobrazovanie* [Metasomatism and ore formation], Moscow, pp. 9–28.
7. ed. D. V. Rundkvist 1986, *Kriterii prognoznoy otsenki territoriy na tverdye poleznye iskopaemye* [Criteria of forecast evaluation of territories for solid minerals], Leningrad, 751 p.
8. Plyushchev E. V., Ushakov O. P., Shatov V. V. et al. 1981, *Metodika izucheniya gidrotermal'no-metasomaticheskikh obrazovaniy* [Methods of study of hydrothermal-metasomatic formations], Leningrad, 261 p.
9. Prokin V. A. 1977, *Zakonomernosti razmeshcheniya kolchedannykh mestorozhdeniy na Yuzhnom Urale* [Patterns of placement of pyrite deposits in the Southern Urals], Moscow, 176 p.
10. Krivtsov A. I. 1979, *Paleovulkanizm evgeosinklinal'nykh zon Urala i kolchedanoobrazovanie* [Paleovolcanism of eugeosynclinal zones of the Urals and pyrite formation], Moscow, 168 p.
11. Dymkin A. M., Shcherbak V. M. 1973, *Osobennosti formirovaniya metasomaticheskikh i vulkanogenno-osadochnykh rud Turgaya* [Features of formation of metasomatic and volcanogenic-sedimentary ores of Turgay], Moscow, 186 p.
12. Grabezhev A. I., Sazonov V. N. 1980, *Formatsii i fatsii metasomatitov redkometal'nykh i zolotorudnykh mestorozhdeniy Urala* [Formations and facies of metasomatites of rare metal and gold deposits of the Urals]. *Voprosy petrologii Urala (magmatizm, metamorfizm, litologiya)* [Questions of Urals petrology (magmatism, metamorphism, lithology).], Sverdlovsk, pp. 126–158.
13. Gryaznov O. N. 2003, *Inzhenernaya petrologiya metasomatitov* [Engineering petrology of metasomatites]. *Zapiski Gornogo instituta* [Proceedings of the Mining Institute], vol. 53, pp. 140–143.
14. Gryaznov O. N., Guman O. M., Vorozhev A. V. 2013, *Inzhenernaya petrologiya metasomatitov mednokolchedannykh i skarnovo-magnetitovykh mestorozhdeniy Urala* [Engineering petrology of metasomatites in copper pyritic and magnetite-skarn deposits of the Urals]. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal* [News of the Higher Institutions. Mining Journal], no. 8, pp. 147–155.

Олег Николаевич Грязнов,

доктор геолого-минералогических наук, профессор
Gryaznov.O@ursmu.ru
Уральский государственный горный университет,
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Oleg Nikolaevich Gryaznov,

Dr, Professor
Gryaznov.O@ursmu.ru
Ural State Mining University,
Yekaterinburg, Russia