

## МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ТОЛЩИ ВОСТОЧНОГО СКЛОНА УРАЛА, ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ВОЗРАСТ

Излагаются взгляды автора на возраст и первичную природу метаморфических толщ Урала, главным образом его восточного склона и Центрально-Уральского поднятия. На основании обобщения и критического анализа геологических и радиоизотопных данных и с учетом личных наблюдений сделан вывод, что метаморфические образования Урала близки в возрастном и генетическом отношении и возникли в результате регионального метаморфизма и ультраметаморфизма первично-осадочных и вулканогенно-осадочных пород. По особенностям состава и специфике разреза, а также с учетом наложенных процессов метаморфизма они могут быть сопоставлены с менее метаморфизованными или почти неметаморфизованными осадочными и вулканогенно-осадочными отложениями юрматиния и частично каратавия унифицированного разреза верхнего докембрия (рифея) западного склона Урала.

In this paper modern ideas about the age and primary nature of the Urals of metamorphic series, especially its eastern slope and Central-Ural uplift are discussed. On the basis of generalization and critical analysis of geological and radioisotopic data and personal observations the following conclusion was done by the author: the metamorphic formations of the Urals have similar age and they appeared due to regional metamorphism and ultrametamorphism of primary-sedimentary and volcanogenic-sedimentary rocks.

Taking into account the composition and specific features of the section and also superposed processes of metamorphism they may be compared with less metamorphosed deposits of Jurmatinia and partly Karatavia of the unified section of the Upper Pre-Cambrian (Riphean) of the western slope of the Ural.

Важной и актуальной проблемой геологии Урала является выяснение возраста и первичной природы метаморфических толщ, развитых на восточном склоне и в Центрально-Уральском поднятии и обнажающихся в антиклинальных (купольных) структурах — Салдинском, Сысертско-Ильменогорском, Кусоканском, Уфалейском и др. Эти толщи представлены в основном кристаллическими сланцами, кварцитами, микрокварцитами, кварцито-песчаниками, мраморами и реже гнейсами различного состава, пара- и ортоамфиболитами, гранито-гнейсами, мигматитами и т. д. На сегодня имеется значительный фактический материал по геологии и составу рассматриваемых образований, опубликованный в многочисленных трудах А. А. Петренко, Н. Ф. Мамаева, Е. А. Кузнецова, А. А. Пронина, Н. П. Хераскова, И. Д. Соболева, Г. А. Кейльмана, Ю. Д. Панкова, И. В. Чермениновой, Б. М. Роненсона, С. В. Чеснокова, Г. А. Глушковой, Ю. Р. Беккера, Ю. Д. Смиронова, В. Я. Левина, А. Г. Баженова, В. Ф. Турбанова, Г. Г. Доминиковского и мн. др. исследователей. Вместе с тем возраст и первичная природа этих пород до сих пор остаются спорными. В прежние годы существовало представление о палеозойском возрасте этих пород (И. Д. Соболев, Ю. Д. Панков,

Ю. П. Бердюгин), большинство геологов считает эти породы докембрийскими, хотя к какой части докембрия их относить, нет единого мнения. Нет также ясности в отношении первичной природы этих образований: одни геологи (М. И. Гарань, П. М. Есинов, Н. Ф. Мамаев) считали их стратиграфическими и литологическими аналогами песчано-глинистых отложений рифея западного склона Урала, тогда как другие (С. Н. Иванов, В. Н. Пучков, А. А. Краснобаев, Ю. Р. Беккер, А. И. Русин и др.) полагают, что это реликты раннедокембрийского кристаллического фундамента Русской платформы. Вместе с тем, имеется точка зрения (Н. Ф. Мамаев, И. В. Черменинова), что среди рассматриваемых метаморфических толщ наблюдаются как древние дорифейские образования, так и стратиграфические аналоги рифейских отложений западного склона Урала. Такая компромиссная точка зрения принята на ряде совещаний по стратиграфии докембрия Урала (в 1977 г. в Уфе, в 1990 г. в Свердловске).

Критериями при определении возраста метаморфических толщ восточного склона Урала в разное время являлись различные данные — геологические и радиоизотопные особенности состава пород, их метаморфизм, специфика разрезов,

особенности внутреннего строения метаморфических тел, их взаимоотношения с окружающими породами и т.д. Сейчас твердо установлена верхняя возрастная граница рассматриваемых метаморфических образований, которые, по данным Г. А. Кейльмана [14], Н. Ф. Мамаева и И. В. Чермениновой [23–25,33], а также И. В. Евлентьева и К. Е. Гауэра [12], с несогласием перекрываются менее метаморфизованными или почти неметаморфизованными породами венда, кембрия и ордовика. Тем не менее, нижняя возрастная граница этих пород не ясна.

Одним из важнейших критериев при определении возраста метаморфических толщ восточного склона Урала и Центрально-Уральского поднятия всегда оставались данные о структурных взаимоотношениях этих образований с раннедокембрийскими породами кристаллического фундамента Русской платформы и тараташского комплекса западного склона Урала, считающихся выступом фундамента платформы в пределах Урала. Поскольку структуры этих древних образований имеют субширотную ориентировку и резко срезаются субмеридиональными, типично «уральскими» структурами метаморфических толщ восточного склона Урала и Центрально-Уральского поднятия (рис. 1), возраст последних образований всегда считался более молодым, чем пород фундамента Русской платформы и тараташского комплекса, т.е. мог быть отнесен либо к рифею, либо к еще более молодым структурам (М. И. Гарань, И. Д. Соболев, А. Я. Ярош, Ю. Д. Смирнов, И. С. Огарин, Н. И. Халевин. и мн. др.).

Многие исследователи (М. И. Гарань, П. М. Есипов, Н. Ф. Мамаев, С. С. Горохов и др.) отмечали сходство состава и разреза метаморфических толщ восточного склона Урала с метаморфическими образованиями Центрально-Уральского поднятия (максютовским и суваянским комплексами Урал-Тау), которые в свою очередь всегда считались стратиграфическими аналогами юрматинской и каратауской серий рифея западного склона Урала.

Крупные региональные исследования по изотопной геохронологии Урала, проведенные Л. Н. Овчинниковым, М. А. Гarris, В. А. Дунаевым, А. А. Краснобаевым, Г. А. Кейльманом и мн. др., по существу не противоречили приведенным выше геологическим данным и подтверждали наличие среди метаморфических толщ восточного склона и Центрально-Уральского поднятия рифейских и более молодых образований. Такое совпадение геологических и радиоизотопных данных видно, к примеру, в работе Г. А. Кейльмана, А. П. Гревцовой и С. Г. Поняк [16], в которой обобщены материалы по изотопному возрасту гнейсов и гранитов основных антиклинорий Центрально- и Восточного Урала (Уфалейского, Сысертско-Ильменогорского, Салдинского, Мурзинско-Адуйского и др.). Составленные на основании более чем 560 определений гистограммы показали, что значения возраста гранито-гнейсовых толщ, определенные главным образом К-Аг методом с уче-

том данных  $\alpha$ -Pb и Rb-Sr методов, образуют кривые распределения с интервалами 1500–180 млн лет и с серией максимумов в 1200, 530, 440, 370 и 310 млн лет, что, по мнению авторов, связано с основными этапами тектономагматической жизни Урала в рифее и в более позднее время. Здесь можно отметить, что изотопные датировки гнейсов и гранитоидов тараташского комплекса, который по геологическим данным всегда сопоставлялся с раннедокембрийским фундаментом Русской платформы, показали значения 2800 и 1800 млн лет, т.е. и здесь наблюдается совпадение геологических и радиоизотопных данных.

Вместе с тем, с начала 60-х годов в ряде публикаций появились представления (А. А. Пронин, Ю. Р. Беккер, Е. А. Кузнецов и др.) о древнем раннедокембрийском возрасте метаморфических толщ восточного склона Урала. А в конце 60-х годов группой уральских геохимиков (Л. Н. Овчинников, В. А. Дунаев, А. А. Краснобаев) были опубликованы результаты изотопных датировок гнейсов и мигматитов селянkinской свиты ильменогорского комплекса, показавшие средний возраст рассматриваемых пород  $2100 \pm 200$  млн лет по данным Rb-Sr метода, а по  $\alpha$ -Pb метода 1800 млн лет. Полученные значения, свидетельствующие о древнем возрасте описываемых метаморфических пород, как очевидно, расходились с прежними взглядами на их возраст. Возникло представление (А. А. Пронин, Н. Ф. Мамаев, Ю. Р. Беккер и др.) о древнем (дорифейском) возрасте некоторых структур среди метаморфических толщ восточного склона Урала, которые стали рассматриваться как реликты (отторженцы, глыбы, микроконтиненты) раннедокембрийского фундамента Русской платформы [13,17,28 и др.]. Эти чуждые уральской эвгеосинклинали образования в более поздние тектономагматические эпохи в рифее, венде и палеозое неоднократно подвергались метаморфизму (гранитизации) и структурной перестройке. Таким образом, современная структура этих пород, имеющая субмеридиональную (уральскую) ориентировку, не отвечает первичному древнему их структурному плану. В конечном счете эти новые взгляды привели к переоценке сложившихся представлений о геологии метаморфических образований Урала в целом, их взаимоотношений и с унифицированными подразделениями рифея и дорифея западного склона Урала.

Подобные взгляды широко распространились среди уральских геологов, причем некоторые [13] даже отрицают возможность и необходимость корреляции метаморфических толщ Урала по составу, предлагая называть их полиметаморфическими комплексами (сокращенно ПМК, например, Салдинский ПМК, Ильменогорский ПМК и т.д.) и сопоставлять эти структуры друг с другом по времени проявления в них процессов метаморфизма, опираясь при этом главным образом на радиоизотопные данные.

Однако нельзя сказать, что эта точка зрения на возраст, генезис и методы исследования, метамор-

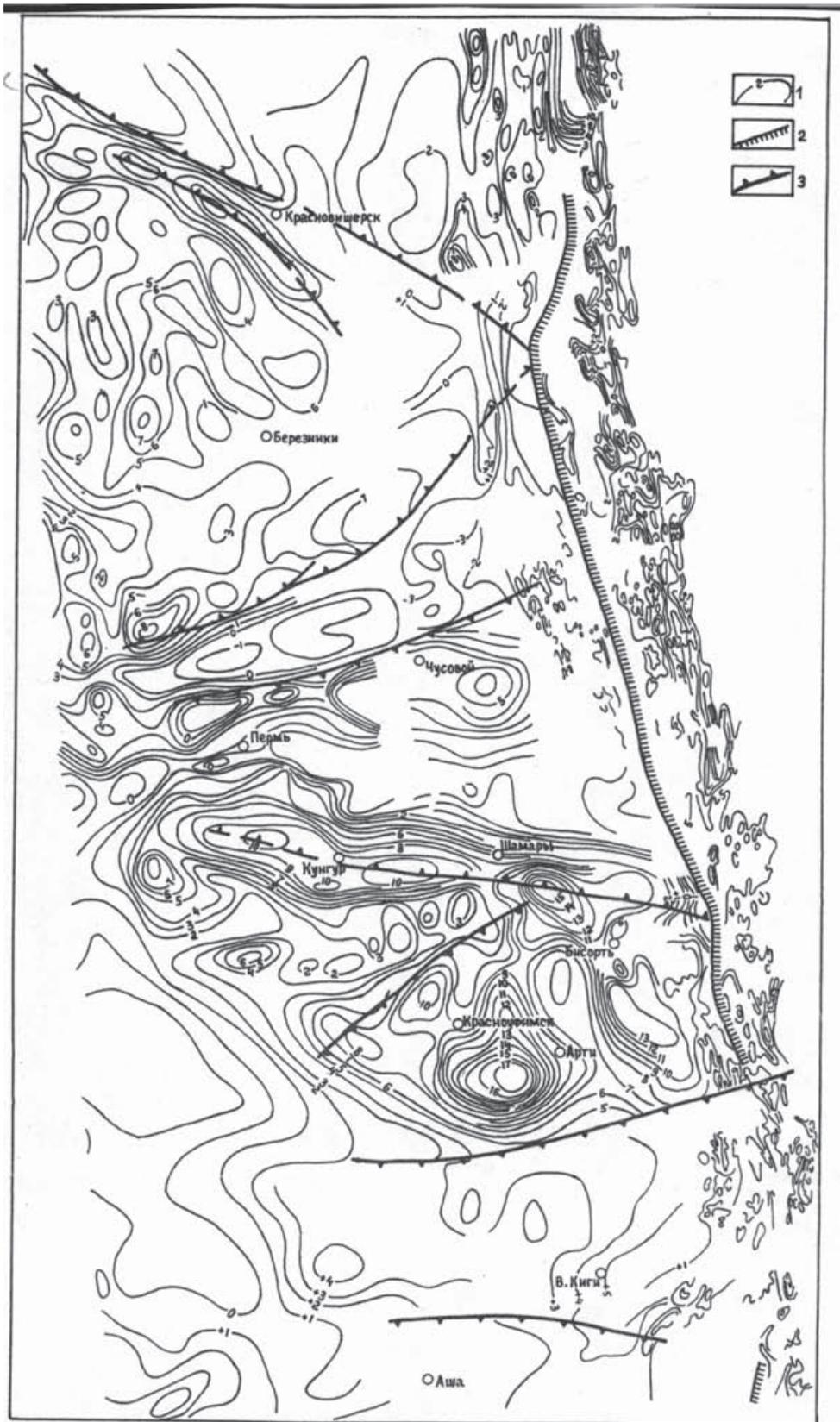


Рис. 1. Строеие кристаллического фундамента востока Русской платформы и Урала, по А. Я. Ярошу [37]

1 — изодинамы магнитного поля  $\Delta T$  (в сотнях гамм); 2 — зона глубинного разлома, разделяющего мио- и эвгеосинклинальные структуры Урала; 3 — субширотные разломы, секущие кристаллический фундамент платформы

фических толщ Урала всеми признана. Многие геологи считают, что последние поддаются стратификации и могут рассматриваться не как чуждые уральской эвгеосинклинали образования, а возникшие одновременно с ней и являющиеся ее составной частью.

### Строение метаморфических толщ, их особенности и генезис

Метаморфические толщи восточного склона Урала изучались, как уже отмечалось, многими геологами [2–4, 9, 12, 14, 16, 20, 23, 25, 27, 34, 36 и др.] и были расчленены на серии, свиты, подвиты, толщи, пачки и т.д. Геологическое строение, особенности состава, петрология и специфика метаморфизма этих пород изучены достаточно полно и всесторонне, что позволило в основном выяснить их исходный состав и происхождение. И вместе с тем, есть еще некоторые важные особенности этих пород, на которые необходимо обратить внимание. Прежде всего особая форма рассматриваемых метаморфических образований, которые представляют собой крупные, вытянутые на десятки и сотни километров в субмеридиональном «уральском» направлении и относительно узкие куполообразные тела эллипсоидальной формы (рис. 2). Их внутреннее строение часто носит диапирообразную форму, форму вздутий, центральные части которых в основном представлены значительно метаморфизованными гнейсами и гранито-гнейсами, как бы выдавленными вверх при интенсивных субширотных сдвиганиях этих тел, т.е. при субширотном стрессе, направленном, вероятно, всего, с востока на запад.

Другой важной особенностью описываемых метаморфических толщ является совершенно четкая их метаморфическая зональность — в центральных (антиклинальных, купольных) их частях отмечается более высокий метаморфизм пород, в краевых частях он значительно слабее, породы разных зон метаморфизма тесно друг с другом связаны, имеют согласные (конформные) взаимоотношения, их расчленение в ряде случаев весьма условно и может быть осуществлено главным образом по степени метаморфизма пород. Г. А. Кейльман [14] разделял рассматриваемые метаморфические образования на внутреннее «ядро», сложенное преимущественно породами амфиболитовой и реже гранулитовой фаций метаморфизма (гнейсы, гранито-гнейсы, амфиболиты, мигматиты), и «сланцевое обрамление», представленное породами менее метаморфизованными, обычно кристаллическими сланцами часто зеленосланцевой фации метаморфизма.

Следует также подчеркнуть, что для большинства рассматриваемых метаморфических тел весьма характерна отчетливая полосчатость, часто весьма сходная (рис. 3, 4) со слоистостью осадочных пород. Наличие в метаморфических толщах кварцитов, микрокварцитов, тонкополосчатых кварцито-кремнистых сланцев, часто графитис-

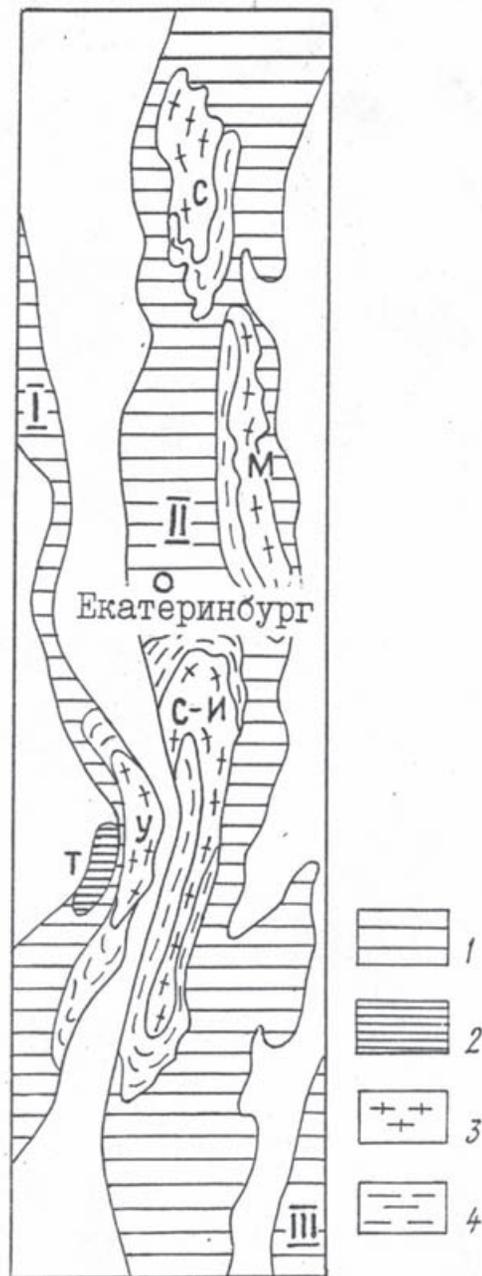


Рис. 2. Гнейсово-мигматитовые комплексы Среднего и северной части Южного Урала

1 — общеуральские региональные поднятия (I — Центрально-Уральское, II — Восточно-Уральское, III — Зауральское); 2 — дорифейские гнейсово-мигматитовые комплексы (Т — Тараташский); 3, 4 — рифейские гнейсово-мигматитовые комплексы: 3 — гнейсовые ядра, 4 — сланцевые обрамления (У — Уфалейский, С — Салдинский, М — Мурзинский, С-И — Сысертско-Ильменогорский)



Рис. 3. Тонкополосчатый кварцево-слюдистый сланец Сысертско-Ильменогорского комплекса. Южный берег оз. Иткуль

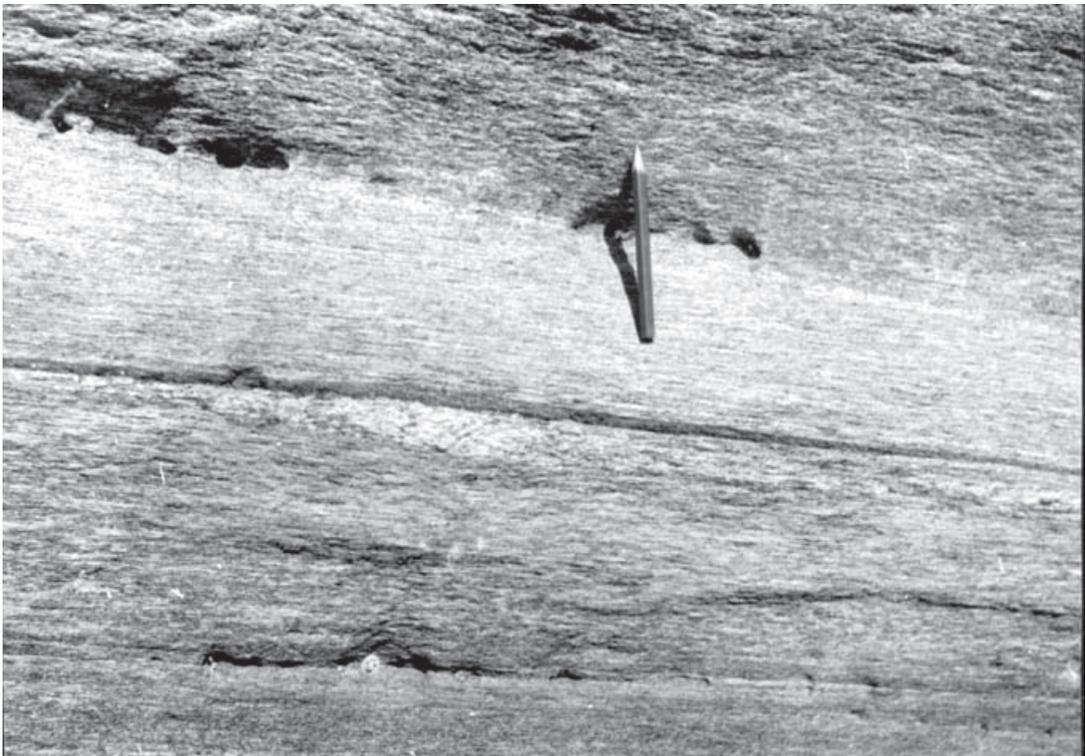


Рис. 4. Полосчатость в кварцево-слюдистых сланцах Сысертско-Ильменогорского комплекса. Южный берег оз. Иткуль

тых, различное их чередование со слюдястыми сланцами (рис. 5) — все это, по мнению многих исследователей [9, 12, 14, 20, 23–25, 27, 29, 34 и др.], указывает на первично-осадочный генезис большинства пород. Наличие в них прослоев амфиболовых пород в виде тонкозернистых пластобразных образований может свидетельствовать также о присутствии в исходных породах аповулканогенных образований [12, 14, 20, 27, 29, 31, 34 и др.]. Иногда среди сланцевых толщ отмечаются маломощные жилы лейкократовых аплитовидных гранитоидов (рис. 6).

Можно отметить еще одну важную особенность метаморфических толщ — возможность их стратификации и корреляции отдельных разрезов друг с другом, несмотря порой на значительную удаленность одного от другого. Такая особенность метаморфических толщ позволила ряду геологов разделить эти породы на ряд стратиграфических подразделений. Одной из важнейших является схема, составленная Н. Ф. Мамаевым и И. В. Чермениновой [23–25], выделивших на основании степени метаморфизма и данных изотопного возраста среди этих образований **нижне- и верхнедокембрийские (рифейские)** породы, которые в свою очередь были расчленены ими на серии и свиты.

К **нижнедокембрийским** образованиям были отнесены пряничниковая свита салдинского комплекса, развитая по р. Тагил у пос. Пряничникова и состоящая из гранат-биотит-микроклиновых и пироксен-амфиболовых ортогнейсов, а также

селяннинская свита ильменогорского комплекса, сложенная биотитовыми, гранат-биотитовыми гнейсами с силлиманитом и кианитом. В сысертском комплексе к нижнему докембрию отнесены метаморфические образования, выделенные ранее Г. А. Кейльманом в шумихинское гнейсовое поле, которое представлено гнейсами, переходящими вверх по разрезу в двуслюдяные, кианит-двуслюдяные, гранат-слюдяные и гранатовые гнейсы.

В более южных районах Урала в окрестностях оз. Увильда к нижнему докембрию теми же геологами отнесены биотитовые ортогнейсы, гранито-гнейсы и плагиоклазовые амфиболиты.

В Южном Зауралье на р. Тогузак вблизи поселков Михайловский и Надеждинский к нижнему докембрию отнесены кордиритовые гнейсы, ортогнейсы и амфиболиты.

К **верхнедокембрийским (рифейским) образованиям** Н. Ф. Мамаев и И. В. Черменинова [23–25] отнесли мощные серии метаморфических пород и расчленили их на три серии — нижнюю (гнейсовую), среднюю (амфиболитовую) и верхнюю (сланцево-кварцитовую). Эти серии развиты более широко, чем метаморфические толщи раннего докембрия.

Нижняя серия (гнейсовая) сложена высокоглиноземистыми плагиогнейсами с гранатом, кианитом и силлиманитом, а также кристаллическими сланцами, в меньшей степени развиты мигматиты, гранито-гнейсы и реже амфиболиты и амфиболовые гнейсы. Породы нижней серии выступа-



Рис. 5. Слюдястые сланцы с прослоями кварцитов слюдяногорской свиты Уфалейского комплекса. Карьер вблизи дороги Белое озеро–деревня Егусты



Рис. 6. Слюдистые сланцы с жилами лейкократовых аплитовидных гранитов. Северный берег оз. Иткуль

ют в ядрах антиклинальных структур, где они имеют различные названия. В салдинском комплексе это бродовская свита, в районе оз. Иткуль гнейсовая и аракульская свиты, в Вишневогорском антиклинории вишневогорская, будымская и аракульская свиты, в Ильменогорском антиклинории к этому стратиграфическому уровню относятся вишневогорская, ильменогорская и аракульская свиты, в Брединском районе каменодольская свита, а в Зауральском антиклинории мариновская свита. Мощность гнейсовой серии измеряется либо сотнями, либо первыми тысячами метров, ее породы рассматриваются Г. А. Кейльманом [14], Н. Ф. Мамаевым и И. В. Чермениновой [23–25], а также Ю. Д. Панковым [27] как продукты глубокого метаморфизма песчано-глинистых осадков.

Выше по разрезу метаморфические толщи представлены обычно эпидот-амфиболовыми гнейсами, пара- и ортоамфиболитами, реже с прослоями слюдистых сланцев, порфиритоидов и мраморов. Породы средней (амфиболитовой) серии выделяются в Кусоканском поднятии под наименованием кусоканской свиты, в Сысертском (район оз. Иткуль) — черновской свиты, в Салдинском — буксинской толщи, в Вишневогорском и Ильменогорском — сайтовской свиты, а в Зауральском поднятии — городищенской свиты. Мощность амфиболитовой серии в большинстве структур оценивается от 550 до 2000 м, а в пределах Кусоканского поднятия около 3000 м. Счита-

ется [12, 14, 20, 23–25, 29, 34 и др.], что исходным составом для амфиболитовой серии являлись вулканогенно-осадочные породы.

Венчаются разрезы метаморфических толщ серыми и черными кварцитами, массивными и полосчатыми, кварцитовыми и кремнисто-кварцитовыми графитистыми и слюдистыми сланцами, иногда с прослоями порфиритоидов. Породы верхней (сланцево-кварцитовой) серии представлены чулоксайской (Брединский район), игишской (Вишневогорская, Ильменогорская и Шумихинская антиклинальные структуры), истокской (Салдинский антиклинорий) и алексеевской (Зауральское поднятие) свитами, мощность которых колеблется от 900 до 2000 м.

В некоторых структурах восточного склона Урала, в частности в Салдинском антиклинории (район дер. Медведево), в верхних частях разреза метаморфических толщ встречаются светлые, часто зеленоватые рассланцованные кварциты, перемежающиеся с серицито-хлорито-кварцевыми сланцами, выделяемые в медведевскую свиту. В ее основании содержатся гравелиты и конгломераты, в верхней части разреза линзы карбонатных пород с синийскими (верхнепротерозойскими) водорослями, обнаруженными И. В. Чермениновой [32], которые позднее И. В. Евлентьевым и К. Е. Гауэром [12] были отнесены к венду.

Как видим, рассматриваемые метаморфические толщи Урала, несмотря на то, что они подверг-

лись интенсивным процессам регионального метаморфизма и ультраметаморфизма, вполне позволяют выявить в них первично-литологическую неоднородность исходных пород. В метаморфических толщах отчетливо наблюдается постепенное уменьшение степени метаморфизма снизу вверх по разрезу: породы нижних их горизонтов метаморфизованы в основном в амфиболитовой и иногда гранулитовой фациях, тогда как породы верхних горизонтов подверглись главным образом зеленосланцевому метаморфизму. Такая закономерность процессов метаморфизма понятна, она является нормальной метаморфической зональностью, типична для метаморфических толщ различных регионов и обычно связывается с увеличением температуры и давления с глубиной. Анализ общего строения рассматриваемых метаморфических толщ свидетельствует о том, что эти образования довольно типичны, никаких признаков многократного наложения в них регионального метаморфизма (или иначе явлений полиметаморфизма) не усматривается, на чем подробнее остановимся ниже.

Вместе с тем, своеобразная форма описываемых метаморфических образований свидетельствует о том, что протекавшие в них процессы метаморфизма, и в частности ультраметаморфизма, во многих случаях протекали при высоких температурах и сопровождались значительной пластичностью пород, а в ряде случаев даже общей их текучестью. Эти процессы происходили несомненно одновременно с тектоническими напряжениями, в данном случае, вероятнее всего, со сжимающими процессами тектоники, что способствовало формированию диапировой куполообразной формы метаморфизирующихся тел. В сущности такая форма этих образований сохранилась до самых последних заключительных стадий метаморфизма, т.е. до полного остывания и кристаллизации рассматриваемых тел, когда они превратились в жесткие кристаллические образования, способные реагировать на деформации только расколами. Говоря о происхождении анализируемых метаморфических тел, можно с уверенностью утверждать, что они возникли в результате единых и одноактных процессов тектоники и метаморфизма и их следует рассматривать как структурно единые метаморфические образования.

Прежде чем более подробно начать рассматривать генезис описываемых метаморфических образований, подведем на основании чисто геологических данных общий итог их строения и происхождения: структуру этих тел в целом, их форму, внутреннее строение, слоистость и сланцеватость пород, взаимоотношения отдельных прослоев друг с другом, специфику метаморфической зональности толщ в целом и т. д.

Все эти данные позволяют с уверенностью утверждать, что рассматриваемые геологические образования сформировались в результате единых процессов регионального метаморфизма и ультраметаморфизма осадочных и вулканогенно-осадоч-

ных исходных пород. Протекая на обширной территории, куда входил и современный восточный склон Урала, процессы метаморфизма отличались друг от друга степенью интенсивности, что объяснялось главным образом глубиной залегания пород и соответственно степенью влияния глубинного тепла Земли, интенсивностью тектонических напряжений и т.д. В зонах наибольшего развития процессов метаморфизма (зонах ультраметаморфизма) возникали породы гранито-гнейсового состава, которые по мере уменьшения степени метаморфизма переходили в породы менее метаморфизованные — различные кристаллические сланцы, которые теперь и слагают внешние зоны метаморфических тел. Так как процессы метаморфизма протекали часто при высокой пластичности формирующихся пород и под влиянием интенсивной региональной кинематики субширотного направления, образующиеся геологические тела приобретали форму субмеридионально вытянутых куполообразных структур. Именно это сформировало интересующие нас метаморфические образования восточного склона Урала, в которых наблюдаются согласные (конформные) взаимоотношения пород друг с другом, причем наблюдаемое отличие глубокометаморфизованных гранито-гнейсовых образований от менее метаморфизованных сланцевых толщ во многом определялось степенью метаморфизма исходных пород.

#### **О древних изотопных датировках возраста метаморфических толщ**

При появлении новых представлений о древнем дорифейском возрасте метаморфических образований Урала за основу брались, как отмечалось, радиоизотопные исследования, проведенные главным образом Rb-Sr,  $\alpha$ -Pb и U-Pb методами.

В 1969 г. В. А. Дунаевым, Л. Н. Овчинниковым и А. А. Краснобаевым [11] были приведены данные о древнем возрасте биотитовых гнейсов селянкинской свиты ильменогорского комплекса, полученные Rb-Sr методом. Были проанализированы три образца, возраст которых 2225, 2035 и 1160 млн лет, что в среднем составляет  $2100 \pm 200$  млн лет. Именно эта последняя цифра стала фигурировать в многочисленных публикациях как свидетельство древнего возраста интересующих нас метаморфических образований Урала. Из одного образца анализируемой породы определялся возраст калиевого полевого шпата, который показал значение 2525 млн лет. В дальнейшем В. А. Дунаев и А. А. Краснобаев [10] дополнительно определяли возраст биотитового гранито-гнейса с гранатом (220 млн лет) и двух образцов мигматита (1392 и 1990 млн лет). Различия в полученных цифрах авторы объяснили разной миграцией рубидия и стронция в породе в целом и в отдельных минералах при метаморфизме. В тех случаях, когда цифры были древними, порода или минерал, по мнению упоминаемых авторов, являлись для рубидия и стронция закрытой системой и, наобо-

рот, когда цифры оказывались молодыми, система была открытой. Необходимо отметить, что подобное объяснение поведения рубидия и стронция очень условно, оно дается авторами уже после того, как были получены данные возраста породы или минерала. Действительное поведение этих элементов авторам не известно, они сами выражают сомнение в надежности полученных цифр и отмечают, что существовал какой-то более древний метаморфизм на уровне  $2100 \pm 200$  млн лет, хотя действительный возраст рассматриваемых пород 1200–1400 млн лет.

Со своей стороны отметим, что, приведя данные о возрасте биотитовых гнейсов и гранито-гнейсов селянkinской свиты, В. А. Дунаев и А. А. Краснобаев совершенно не учитывали первично-осадочную исходную природу этих пород, хотя для большинства изучавших эту свиту геологов [9, 14, 27, 34 и др.] она не вызывала никакого сомнения. Вместе с тем, те же В. А. Дунаев и А. А. Краснобаев сами указывают на необходимость специальных исследований для выяснения поведения рубидия и стронция в метаморфических породах, образовавшихся из осадочных пород. Обсуждая эту проблему, следует напомнить, что не только К, но Rb и Sr адсорбируются осадками непосредственно из морской и океанической воды, дальнейшее же их поведение при формировании исходных осадков и последующего их метаморфизма очень сложно и мало изучено [8]. Поэтому при анализе возраста метаморфической парапороды Rb-Sr методом не может быть уверенности в полученных результатах, так как они вообще могут не иметь никакого геологического смысла. По данным известного специалиста в области радиоизотопных исследований И. М. Грохова (устн. сообщ.), в различные периоды образования парапород они для Rb и Sr, вероятнее всего, являются открытыми системами, а скорость их миграции может быть разной для каждого элемента в отдельности. Следовательно, и их отношения друг к другу будут непостоянными, что будет приводить к неопределенным, трудно интерпретируемым результатам. Не исключено поэтому, что то многообразие геологических процессов, которое сформировало гнейсы и мигматиты селянkinской свиты, обусловило разброс значений возраста, который был получен при их исследованиях Rb-Sr методом.

Значительно большее количество данных о возрасте метаморфических толщ Урала получено  $\alpha$ -Pb и U-Pb методами по циркону. Эти исследования проводились главным образом А. А. Краснобаевым и его коллегами [10, 11, 17, 26 и др.], были получены десятки цифр возраста гнейсов и мигматитов, включая и породы селянkinской свиты. Имеются значения с возрастом около 1 млрд лет, отвечающие рифею, а также данные, соответствующие палеозою, и цифры с возрастом около 2 млрд лет, отвечающие архею и раннему протерозою. Различия в возрасте цирконов объясняются авторами гетерогенностью этого минерала [17], ядра и внешние зоны которого отличаются в воз-

растном отношении, причем молодые значения обычно объясняются влиянием процессов позднейшей гранитизации. При исследовании цирконов метаморфических пород необходимо прежде всего выяснить, являются ли последние парали или ортопородами и какова, следовательно, исходная природа интересующих нас минералов. Так как многие из анализируемых пород селянkinской свиты являются парапородами, естественно, что их цирконы в исходных осадках могли быть терригенной примесью.

При исследовании цирконов А. А. Краснобаев и его коллеги признают первично-осадочную и вулканогенно-осадочную природу изученных ими пород. Однако когда они говорят о возрасте цирконов этих пород, последние в них фигурируют как наиболее древняя составная часть исследуемой метаморфической породы, «субстрат», как его называют авторы, определяющая ее исходный возраст, хотя возраст циркона в действительности будет отражать возраст источника обломочного материала, а не время формирования исходной осадочной породы и не время последующих процессов метаморфизма.

Говоря о возрасте цирконов метаморфических пород, А. А. Краснобаев утверждает, что процессы метаморфизма приводят к полной перекристаллизации терригенных исходных осадочных пород. Однако в этой связи можно обратить внимание на морфологию этого минерала, о чем можно судить по его же фотографиям [17]. Выделенный из различных метаморфических пород Урала, в т. ч. и из гнейсов селянkinской свиты, циркон во всех случаях имеет либо округлую, либо неправильно-округлую форму (рис. 7)\*. И тем не менее, А. А. Краснобаев отрицает первично-обломочную природу этих минералов на том основании, что некоторые их свойства (цвет, поверхностная структура, истирание и т. д.) отличаются от свойств таких же минералов осадочных пород. А. А. Краснобаев полагает, что цирконы при метаморфизме полностью изменяются и затем как бы вырастают заново, примерно так же как они растут в магматической среде. Однако среда магматическая и среда метаморфическая — это не одно и то же, и говорить о сходстве свойств тех и других цирконов нельзя. Известно, что в метаморфических породах цирконы имеют сложное строение, их ядра, вероятнее всего, являются реликтовыми минералами и только внешние оболочки могут представлять собой продукты метаморфизма. Ряд специалистов [1, 5, 21, 22] отмечает разные физические свойства этих сложных минеральных образований (ядра и внешние оболочки), которые несомненно дадут и какой-то средний (усредненный) возраст. Касаясь же цирконовой диагностики возраста метаморфических толщ вообще, эти же авторы вы-

\* При этом обращаем внимание, что приведенные в той же монографии А. А. Краснобаева [17] цирконы, взятые из различных заведомо магматических пород, во всех случаях имеют совершенно отчетливую кристаллографическую огранку!



Рис. 7. Цирконы плагиигнейсов Ильменогорского комплекса, по данным А.А. Краснобаева [17]

ражают большое сомнение по поводу полученных при этом результатов, рекомендуя проводить такие исследования с применением других методик изотопного анализа, и только при этом могут быть получены данные, отражающие реальный возраст пород. В поведении цирконов в условиях метаморфизма, с нашей точки зрения, важное значение может иметь температура плавления этого минерала. Так, самим А. А. Краснобаевым [17] был получен искусственный циркон из силикатного расплава при температуре 1200–1300 °С. По Н. И. Голубчиной [7], циркон из гранитов плавился при 1700 °С, по Ф. Берчу [7] при 2400 °С. Все приведенные значения температуры плавления и образования цирконов выше, чем температуры большинства высокотемпературных процессов метаморфизма амфиболитовой и гранулитовой фаций, которые происходят, как считается, при ~700–800 °С. Все это может указывать на возможность сохранения в условиях метаморфизма тугоплавкого циркона, а наблюдающиеся в метаморфических парапородах цирконы, вероятнее всего, являются терригенной примесью исходных осадков.

Таким образом, при тех исследованиях метаморфических пород, которые проводились на Урале с целью определения их возраста  $\alpha$ -Pb и U-Pb методами по циркону, недостаточно учитывалась первичная природа этих пород, многие из которых являются парапородами, а содержащиеся в них цирконы могли быть терригенной примесью

исходных осадков. Поэтому полученные при этом возрастные значения цирконов, вероятнее всего, покажут не время метаморфизма анализируемых метаморфических пород, а возраст источника обломочного материала\*. При исследованиях метаморфических парапород и интерпретации их возраста такую возможность необходимо учитывать. Все же попытки доказать, что процессы метаморфизма приводят к полной перекристаллизации обломочных цирконов и гомогенизации их состава и, следовательно, к изменению полностью их первоначального возраста следует признать неубедительными. Эти процессы в метаморфических породах несомненно происходят, но их точность и достоверность предусмотреть до конца невозможно.

### О «полиметаморфизме» метаморфических толщ Урала

Метаморфические толщи восточного склона Урала, обнажающиеся в антиклинальных (купольных) структурах, многими уральскими геологами называются полиметаморфическими комплексами (сокращенно ПМК), поскольку, по их мнению, эти образования пережили неоднократные процессы регионального метаморфизма. Проблема, как очевидно, самым тесным образом связана с выяснением генезиса и возраста интересующих нас метаморфических образований. Представления о полиметаморфизме широко распространились в последнее время и согласно им любая глубоко метаморфизованная порода, прошедшая стадию регионального метаморфизма, испытала на себе влияние нескольких эпох метаморфизма. Эти взгляды возникли, по нашему мнению, в основном в связи с результатами изотопных датировок минералов метаморфических пород, когда при анализе одной и той же породы, а иногда и различных типов одного и того же минерала, к примеру циркона, получаются различные данные их возраста. В таких случаях признается, что анализируемая порода, содержащая минералы разного изотопного возраста, пережила несколько этапов или даже эпох метаморфизма. Следует отметить, что авторов подобных оценок возраста метаморфических пород, как правило, в должной мере не интересует сама анализируемая метаморфическая порода, ее строение, структура и тем более ее геологическое положение, а также взаимоотношения этой породы с другими метаморфическими породами. Авторов подобных исследований интересует главным образом отобранный для изотопного анализа минеральный агрегат, который сортируется на

\*Можно отметить, что не только рассматриваемые метаморфические образования, но и ряд других осадочных пород Урала (терригенные отложения зильмердакской свиты верхнего рифея и такатинской свиты среднего девона) также содержат обломочные цирконы с возрастом около 2 млрд лет [26]. Это может свидетельствовать о едином для всех этих разновозрастных образований источнике сноса, вероятнее всего, архейско-раннепротерозойском фундаменте Русской платформы.

минеральные фракции, и при получении возраста по одному из минералов этот возраст может быть перенесен на метаморфическую породу в целом как возраст ее метаморфизма. При получении возрастных данных по какому-либо другому минералу той же метаморфической породы эти новые данные также будут рассматриваться в качестве возраста изучаемой породы и т. д. В конечном счете у авторов, придерживающихся подобных методов исследования, может сложиться впечатление, что анализируемая порода пережила несколько эпох метаморфизма, т. е. подверглась полиметаморфизму.

Вместе с тем, часто уже в полевых условиях удается выяснить не только первичную природу изучаемой метаморфической породы, но и ответить на вопрос о природе ее метаморфизма, был ли он для анализируемой породы первичным и единственным или эта порода пережила несколько эпох метаморфизма. Следы тех или иных метаморфических процессов всегда могут быть обнаружены как при изучении самой породы, так по взаимоотношению ее с другими контактирующими с ней метаморфическими породами. Это хорошо видно на рис. 3–5. К примеру, уже отчетливая слоистость или сланцеватость той или иной метаморфической породы, ее сходство, положим, с первично-осадочной породой, а также взаимное переслаивание с другой, сходной по строению метаморфической породой, уже всегда будет свидетельствовать о том, что эта порода пережила всего лишь одну эпоху метаморфизма, поскольку эти процессы хотя и изменили существенно исходную породу, но не стерли все ее важные первично-литологические признаки — слоистость или сланцеватость! Дело в том, что если процессы регионального метаморфизма и ультраметаморфизма впервые протекают в неметаморфизованных(!) исходных осадках, они, как оказывается, не стирают их первично-литологической неоднородности, а наоборот, даже усиливают и подчеркивают ее [18, 19]. И это происходит благодаря различиям в составе и физических свойствах исходных осадков — песков, глин, алевритов и т. д., а также из-за их структурной специфики, обусловленной различиями в свойствах неметаморфизованных(!) осадочных пород в ее основных направлениях, одно из которых совпадает со слоистостью породы, а другое перпендикулярно к нему. Вместе с тем, при повторных процессах метаморфизма поведение уже метаморфизованной породы будет совершенно иным по сравнению с исходным осадком, так как метаморфизованная порода, хотя и имеет часто хорошо видимую (!) анизотропию, в действительности представляет собой уже совершенно другое тело, практически однородное в физическом отношении твердое кристаллическое образование. При ее метаморфизме она может либо подвергнуться физическому разрушению, образуя так называемые агматиты (глыбовые мигматиты), которые могут быть сцементированы каким-либо подвижным при метаморфизме или ультрамета-

морфизме жидким материалом, например, гранитоидным, аплитовидным, кварцевым или каким-либо другим. Мало вероятно, что эта метаморфическая порода подвергнется плавлению, так как для этого потребуется очень высокая температура, значительно превышающая температуру амфиболитовой и гранулитовой фаций метаморфизма. Практически плавлению при метаморфизме могут подвергнуться только осадочные породы, так как только они могут содержать легкоплавкие богатые водой и летучими глинистые минералы.

Таким образом, поведение осадочных ранее неметаморфизованных пород и, наоборот, пород уже метаморфизованных любого первичного происхождения в условиях метаморфизма будет резко различным. Поэтому даже один чисто геологический анализ метаморфических пород может позволить решить вопрос как о генезисе этих образований, так и об их возрасте.

Вместе с тем, говоря о региональных процессах метаморфизма и ультраметаморфизма, необходимо обратить внимание на очевидный факт, что они протекают на огромных пространствах и в гигантские отрезки геологического времени, измеряемыми не только десятками, но, вероятнее всего, сотнями миллионов лет. К тому же они происходят при высоких температурах и часто сопровождаются процессами метасоматоза с присутствием жидкой и газовой фаз, при которых минеральный состав исходных пород почти полностью перестраивается — вместо прежних осадочных минералов возникают новые, уже метаморфические минералы. Все это протекает в метаморфизирующей среде, находящейся в высокопластичном, а порой и в жидкотекучем состоянии. Естественно, что все эти процессы метаморфизма отражаются не только на минеральном составе, но и на всем строении метаморфической породы, что подчеркивает необходимость изучения не только отдельных минералов метаморфической породы, но и всей породы в целом. Тем более, что упомянутые сложные процессы протекают не хаотично, как подчеркивалось выше, а подчиняются текстурной анизотропии исходных пород. Таким образом, возникающие новые уже метаморфические текстуры метаморфических пород могут многое дать для расшифровки генезиса этих пород.

Многообразные и длительно протекающие метаморфические процессы имеют, несомненно, начальные, кульминационные и завершающие стадии развития. Протекающие в огромные отрезки времени геологической истории метаморфические процессы характеризуются образованием то одних, то других минералов в формирующихся метаморфических породах и каждый из них имеет свои свойства и свои температуры кристаллизации. Одни из минералов кристаллизуются при весьма высоких температурах, другие при менее высоких, и в конечном счете могут начать кристаллизоваться наиболее низкотемпературные минералы, такие к примеру, как кварц, которым, вероятнее всего, завершается кристаллизация всего минерального

состава метаморфизирующихся толщ, хотя и эти процессы происходят еще при достаточно высоких температурах, измеряемых в несколько сот градусов по Цельсию. Но процессы кристаллизации минералов происходят не только при разных температурах, но и в разные периоды длительно протекавших процессов метаморфизма в целом. Поэтому определение возраста какого-либо одного из минералов метаморфической породы может свидетельствовать о возрасте не всего метаморфизма, а только одного из его этапов. Проводящиеся в настоящее время исследования возраста метаморфических пород и сделанные по ним выводы о полиметаморфизме вряд ли отвечают действительности. Если принять во внимание, что ряд минералов, таких к примеру, как цирконы, которые могли сохраниться при протекавшем метаморфизме еще от исходной осадочной породы, где они являлись терригенной примесью, то их возраст может быть значительно более древним, чем возраст минералов, возникших в породе в период метаморфизма. Возраст таких минералов будет отражать возраст обломочного материала, за счет которого формировались терригенные осадки, превратившиеся позднее в метаморфические породы.

Необходимо к тому же отметить, что процессы регионального метаморфизма и ультраметаморфизма и протекавшие на обширнейших пространствах, таких к примеру, как рассматриваемый нами регион, включающий в себя и современный восточный склон Урала, обычно приводят к созданию гигантских монолитных образований земной коры, как бы ее жесткой корки, которая в дальнейшем превращается в кристаллический фундамент очередной платформы. Такие структуры, как известно, бронируют поступающие снизу подкоровые высокотемпературные мантийные магматические потоки тепла Земли. Поэтому как сами эти структуры, так и залегающие на них более молодые отложения (породы будущего осадочного чехла возникших платформ) уже не могут подвергаться повторным высокотемпературным процессам регионального метаморфизма и ультраметаморфизма. Эти образования в целом превращаются в платформенные структуры, которые, как известно, могут подвергаться только расколам, по которым обычно и поступает мантийный магматический высокотемпературный материал с подкоровых глубин. Так в сущности и произошло с интересующими нас метаморфическими породами огромного региона, куда входил и восточный склон Урала, которые на рубеже верхов рифея, венда и раннего палеозоя привели к образованию эпибайкальского или эприфейского кристаллического фундамента [20], реликтами которого после региональных расколов являются Восточно-Уральское и Зауральское поднятия восточного склона Урала. В свою очередь те же региональные разломы привели к образованию Тагило-Магнитогорского, Восточно-Уральского палеозойских прогибов и т.д.

Приведенный материал о полиметаморфизме интересующих нас метаморфических толщ восточ-

ного склона Урала свидетельствует о том, что эти образования пережили одну эпоху регионального метаморфизма и ультраметаморфизма, что подтверждается спецификой строения этих пород, возможностью их стратификации, а также совершенно отчетливой и закономерной их метаморфической зональностью. Все эти особенности метаморфических толщ могли возникнуть только в случае одноразовых процессов регионального метаморфизма и ультраметаморфизма и никак иначе. Таким образом, на примере интересующих нас метаморфических образований восточного склона Урала существующие представления о полиметаморфизме этих пород не подтверждаются.

### **Об общей региональной структуре метаморфических толщ, ее происхождении и времени формирования**

Для большинства уральских геологов очевиден факт, что структуры разнообразных и разновозрастных геологических образований восточного склона Урала, в т. ч. и развитых здесь метаморфических толщ, имеют отчетливую субмеридиональную, так называемую «уральскую» ориентировку. Эта особенность рассматриваемых метаморфических образований, как уже отмечалось, всегда имела важное значение при оценке возраста этих пород и, в частности, противопоставлялась субширотным структурам раннедокембрийского фундамента Русской платформы и аналогичным им по возрасту породам тараташского комплекса. Поэтому естественно, что структуры описываемых толщ, имеющие секущие по отношению к структурам древнего кристаллического фундамента Русской платформы и пород тараташского комплекса простирания, обычно рассматривались как образования более молодые и относились либо к рифею, либо к палеозою. Однако, как отмечалось, в конце 60-х годов в результате новых изотопных датировок произошла резкая переоценка возраста метаморфических толщ восточного склона Урала, после чего последние стали рассматриваться как возрастные аналоги древних раннедокембрийских пород фундамента Русской платформы и тараташского комплекса. При этом совершенно очевидно, что ориентировка структур метаморфических толщ оставалась прежней — субмеридиональной «уральской», ее-то никто не мог изменить. Возникло представление (А. А. Пронин, С. Н. Иванов и др.), что наблюдающиеся сейчас субмеридиональные структуры метаморфических толщ восточного склона Урала не первичны, они возникли в результате переориентировки более древних структур в период палеозойской складчатости. Более того, возникло представление, что структуры метаморфических толщ восточного склона в процессе длительной геологической истории Урала могли неоднократно меняться (перестраиваться, переориентироваться и т. д.), поэтому их вообще не следует принимать во внимание при оценке возраста. При изложении подобных

«теоретических обоснований» не было приведено никаких данных об изменении в этом случае каких-либо деталей строения метаморфических толщ, никак не была объяснена специфика их метаморфической зональности, не было отмечено, при каких температурах и давлении происходили все эти процессы переориентировки прежних структур, при каких условиях они вообще могли бы быть и т. д. Ничего этого нигде не рассматривалось и не обсуждалось, просто новые тектонические представления были выдвинуты в виде постулата, считалось очевидным, что раз наступает новая тектономагматическая эпоха, значит структуры прежних метаморфических пород могут сразу же переориентироваться (перестроиться и т. д.), причем почти целиком, без каких-либо существенных трудностей. Вот так! Весь мощный и огромный по геологическому времени тектономагматический и метаморфический процесс, который формировал метаморфические толщи Урала, оказывается, происходил легко и просто. Вот такова сегодняшняя «теоретическая» база новых трактовок о генезисе строения крупнейших по мощности и простиранию геологических сооружений Урала!\*

Рассмотрим теперь некоторые особенности геологического строения интересующих нас метаморфических образований и постараемся выяснить, в какой мере они отвечают достоверности изложенных выше новых представлений о генезисе этих пород и, в частности, соответствуют ли они взглядам на возможность неоднократной структурной перестройки. Прежде всего необходимо отметить, что этот процесс мог быть возможным только в том случае, если бы анализируемые образования, подвергаясь повторному метаморфизму, должны были испытать плавление, так как только в этом случае они были бы способны к пластической деформации и структурной перестройке. Но для этого необходима очень высокая температура, так как исходными породами в данном случае будут уже метаморфизованные твердые кристаллические образования. Такие температуры должны быть значительно выше температур амфиболитовой и гранулитовой фаций метаморфизма, считающиеся не выше 700–800 °С. А вообще, говоря о перекристаллизации рассматриваемых пород, необходимо принимать во внимание, что этот процесс мог быть осуществлен только каким-то внешним источником, т. е. со стороны тех же вмещающих пород, причем их температура должна существенно превышать температуру плавления залегающих в них рассматриваемых метаморфических образований, которые в центральных (антиклинальных) своих частях представлены породами гранито-гнейсового состава, т. е. пород тех же амфиболитовой и гранулитовой фаций метаморфизма. При-

веденные выше геологические данные о взаимоотношении рассматриваемых метаморфических пород свидетельствуют о том, что породы гранито-гнейсового состава залегают среди пород менее метаморфизованных, главным образом кристаллических сланцев зеленосланцевой и филлитовой фаций метаморфизма, температура образования которых не выше 200–300 °С. Это позволяет думать, что температура вмещающих пород не могла оказать какое-либо тепловое влияние на гранито-гнейсовые породы, тем более их расплавить. Таким образом, взаимоотношения упомянутых пород свидетельствуют не только о невозможности той структурной перестройки рассматриваемых метаморфических образований, о которой часто говорят в последнее время и что считается таким простым и естественным процессом, но и об отсутствии признаков таких наложенных процессов.

Вместе с тем, при неоднократном наложении процессов метаморфизма на изученные метаморфические толщи их метаморфическая зональность была бы очень усложнена и резко отличалась от той простой зональности, которая наблюдается у интересующих нас пород в настоящее время.

К числу доказательств возможности структурной перестройки часто привлекаются факты обнаружения среди метаморфических толщ отдельных обнажений, в которых отмечается субширотная ориентировка пород, что не согласуется с общеуральской субмеридиональной структурой и как бы подтверждает взгляды на наличие среди рассматриваемых метаморфических образований реликтов древних структур. При ознакомлении с такими обнажениями выясняется, что подобные отклонения в их залегании объясняются разными причинами. Одна из них — тектонические нарушения, неоднократно проявлявшиеся в более поздние периоды геологической истории Урала и, в частности, в палеозое. К примеру, в пределах салдинского комплекса наблюдаются сходные по простиранию субширотные тектонические нарушения как допалеозойских, так и палеозойских пород, хотя в целом те и другие породы имеют здесь субмеридиональные простирания. В других случаях субширотные простирания метаморфических толщ объясняются спецификой строения самих купольных структур гранито-гнейсовых массивов, в местах периклиналиного замыкания которых (южные и северные части куполов) субмеридиональное залегание пород обычно переходит в субширотное, так как здесь наблюдается погружение толщ в сумеридиональном направлении. Иногда метаморфические толщи восточного склона Урала, огибая жесткие выступы кристаллического фундамента Русской платформы, например Уфимского выступа, приобретают на отдельных участках субширотное простирание. В условиях плохой обнаженности, что весьма характерно для восточного склона Урала, отдельные частные случаи в залегании метаморфических толщ могут быть приняты за общие их особенности и тем самым мо-

\*Необходимо тем не менее отметить, что подобные тектонические построения поддерживают те, кто разделяет распроставившиеся сейчас взгляды на полиметаморфизм почти любых глубокометаморфических пород, о чем говорилось выше.

гут быть сделаны ошибочные выводы при анализе региональной структуры этих пород. Приведенные данные указывают на то, что наблюдающиеся в отдельных обнажениях субширотные простирации метаморфических пород не могут служить доказательством наличия среди них древних дорифейских структур.

Говоря о наложении повторных метаморфических процессов на интересующие нас метаморфические породы, необходимо также указать на факты несогласного налегания на них почти неметаморфизованных отложений венда, кембрия и ордовика, о чем говорилось выше, что таким образом определено указывает на довендский метаморфизм описываемых пород.

Все это позволяет сделать вывод, что рассматриваемые метаморфические породы не несут на себе следов повторного метаморфизма и вторичного переплавления. Более того, приведенные данные свидетельствуют о том, что анализируемые породы относятся к довендскому времени, а в более поздние тектономагматические эпохи на Урале и, в частности в палеозое, вероятнее всего, являлись уже жесткими кристаллическими образованиями и были способны только к расколам.

Таким образом, нынешние представления о наличии древних дорифейских образований среди рассматриваемых метаморфических толщ Урала, а также взгляды на неоднократную их структурную перестройку в процессе длительной геологической истории Урала не подтверждаются геологическими фактами и, следовательно, не могут приниматься во внимание при анализе общей региональной структуры этих пород. Приведенные выше данные как раз свидетельствуют о том, что структурные особенности метаморфических толщ Урала первичны и повторным процессам метаморфизма не подвергались.

Приведенные выше геологические факты вместе с тем указывают на близкий возраст исходных пород, из которых образовались рассматриваемые метаморфические образования, и на одновременность развивавшихся в них процессов метаморфизма, что привело в конечном счете к формированию структурно единых образований. Эта особенность рассматриваемых метаморфических пород позволяет с достаточной долей уверенности использовать их общую региональную структуру при оценке их возраста. Так как субмеридиональные структуры метаморфических толщ восточного склона Урала секут субширотные структуры раннекембрийских пород фундамента Русской платформы и аналогичных им по возрасту пород Тараташской глыбы, интересующие нас образования в возрастном отношении являются более молодыми образованиями и не могут отвечать раннему докембрию. Таким образом, ранний докембрий служит нижней возрастной границей анализируемых метаморфических толщ Урала, а верхней их возрастной границей является основание венда, породы которого, о чем говорилось выше, несогласно залегают на метаморфических толщах. Это свиде-

тельство того, что в возрастном отношении метаморфические толщи восточного склона Урала должны отвечать рифею.

### **О возможности корреляции метаморфических толщ восточного склона Урала с рифейскими отложениями унифицированного разреза докембрия**

На основании геологоструктурных данных, о чем говорилось выше, наиболее вероятным временем образования метаморфических толщ восточного склона Урала является рифей. Дополнительными данными в подтверждение этого вывода являются, как ниже будет показано, сходство состава и особенностей разреза метаморфических толщ с рифейскими отложениями западного склона Урала, на что уже давно обращали внимание другие геологи (М. И. Гарань, П. М. Есипов, Н. Ф. Мамаев, А. А. Пронин, И. В. Черменинова, С. С. Горохов и др.). Сравнивая породы различных структурно-формационных зон Урала и относя многие из них к рифею, некоторые исследователи допускали среди метаморфических толщ восточного склона Урала наличие также дорифейских образований. Однако, как показано выше, анализируемые нами метаморфические толщи, как бы «спаянные воедино» одновозрастным верхнерифейским (байкальским) метаморфизмом, представляют собой структурно единые образования и не могут быть расчленены на крупные разновозрастные и структурно самостоятельные подразделения, и среди них, кроме рифейских образований, не следует выделять более древние дорифейские структуры.

Сравнивая изученные метаморфические породы с породами западного склона Урала, следует отметить, что большинство геологов не находило стратиграфических аналогов бурзянской серии среди пород Центрального и Восточного Урала [6, 23, 25]. Известно, среди этой серии развиты весьма характерные породы — мощные, измеряемые сотнями метров, довольно однородные карбонатные отложения саткинской и бакальской свит\*. Подобных пород на восточном склоне Урала и в пределах Центрально-Уральского поднятия не обнаружено.

Касаюсь сопоставления более верхних горизонтов рифейских отложений западного склона Урала с описываемыми метаморфическими толщами, из последних рассмотрим только породы восточного склона и уфалейского комплекса Центрально-Уральского поднятия. Как известно, корреляция метаморфических пород максютовского и суванянского комплексов хр. Урал-Тау Южного Урала с юрматинскими и каратаускими отложениями у большинства геологов не вызывает возражений.

\*Согласно данным К.Э. Якобсона, А. П. Казака и А. И. Кукушкина [20,35], из состава бурзянской серии следует исключить конгломераты и эффузивы айской свиты, так как они, вероятнее всего, по возрасту отвечают венду.

Разрез метаморфических толщ восточного склона и уфалейского комплекса, если «снять» метаморфизм, по типу исходных пород и особенностей разреза весьма сходен с юрматинской серией, что ранее отмечали и другие исследователи (М. И. Гарань, П. М. Есипов, Н. Ф. Мамаев, И. В. Черменинова и др.). Глиноземистые гнейсы и сланцы нижних горизонтов метаморфических серий восточного склона Урала и уфалейского комплекса Центрально-Уральского поднятия могут рассматриваться как продукты метаморфизма песчано-глинистых осадков и, таким образом, могут быть сопоставлены с песчано-глинистыми породами зигальгинской и зигазино-комаровской свит. Выше по разрезу в метаморфических толщах восточного склона и в уфалейском комплексе залегают амфиболовые гнейсы и сланцы, а также графитистые кремнисто-кварцитовые сланцы и кварциты, весьма характерные тонкозернистые и тонкополосчатые черного цвета. Эти породы благодаря своей специфичности и определенному положению в разрезе могут быть хорошим маркирующим горизонтом при стратификации рассматриваемых пород. На основании приведенных данных, а также, если считать амфиболовые породы метаморфизованными вулканогенными образованиями, можно найти достаточно близкое сходство этой части разреза метаморфических толщ восточного склона со средними и верхними частями юрматинской серии, т. е. с зигазино-комаровской и авзянской свитами, среди которых также широко развиты породы с углистым и графитистым веществом, а в восточных разрезах в стратиграфических аналогах этих свит максютовского комплекса, кроме того, широко развиты и вулканогенные породы.

Таким образом, основная часть разреза метаморфических толщ восточного склона Урала может быть сопоставлена со среднерифейскими (юрматинскими) отложениями западного склона. В отдельных структурах среди метаморфических образований восточного склона Урала и уфалейского комплекса Центрально-Уральского поднятия выделяются, кроме того, как более древние, так и более молодые породы. К первым могут быть отнесены микроклиновые, эпидот-амфиболовые и гиперстен-амфиболовые ортогнейсы (пряничниковая свита салдинского комплекса), которые, по всей вероятности, являются продуктами метаморфизма магматических пород основного и кислого состава. По положению в разрезе и особенностям состава эти породы сопоставимы с менее метаморфизованными ортоамфиболитами уфалейского комплекса (егустинская свита) и вулканитами машакской (кувашской) свит западного склона Урала, располагающимися в разрезе ниже зигальгинской свиты. Залегающие в верхах отдельных разрезов метаморфических толщ восточного склона слюдястые кварциты, серицито-хлорито-кварцевые сланцы (возможные метаморфические аналоги осадочно-вулканогенных пород, например, медведевской свиты салдинского комплекса) мо-

гут быть сопоставлены с аналогичными по составу породами каратауской серии Центрально-Уральского поднятия — курташской, уйташской, указарской, ослянской, хобеинской и маньинской свитами. Эти породы, прослеженные нами на обширном пространстве Центрально-Уральского поднятия от Южного (хр. Урал-Тау) до Северного Урала (плато Кваркуш и верховье р. Вишера) и в восточных районах Урала (в пределах Салдинского поднятия) весьма типичны и сходны между собой. В некоторых районах Урала, например в Уфалейском антиклинории, удастся выяснить, что рассматриваемые хлорито-серицито-кварцевые сланцы и слюдястые кварциты, часто зеленоватого цвета (указарская свита), залегают с несогласием на подстилающих образованиях, что соответствует стратиграфическому перерыву между юрматинской и каратауской сериями, отмечаемому повсеместно в более западных районах Урала. Тем самым и в этом отношении можно видеть большое сходство изученных метаморфических толщ Восточного и Центрального Урала с рифейскими отложениями западного склона.

Таким образом, в составе метаморфических толщ восточного склона Урала выделяются преимущественно среднерифейские образования — стратиграфические аналоги юрматинской серии, а в отдельных структурах более ранние и более поздние отложения — аналоги машакской (кувашской) свиты среднего рифея и каратауской серии верхнего рифея. Все эти породы формировались в различных структурно-фациальных зонах: в пределах западного склона Урала, представлявшего собой в средне- и верхнерифейское время прибрежноморскую (шельфовую) зону, где накапливались преимущественно глинисто-песчаные отложения, тогда как далее в восток, начиная с зоны современного Центрально-Уральского поднятия, отлагались глубоководные тонкозернистые осадки, преимущественно алеврито-глинистые по составу, со значительным содержанием кремнистого и углистого вещества и вулканогенного материала.

---

1. Азимов П.Я. Термодинамический анализ устойчивости циркона в флюидных метаморфических системах // Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза. Мат-лы Второй Российской конференции по изотопной геохронологии. СПб., Центр информационной культуры, 2003. С. 18–21.

2. Беккер Ю.Р. Уральская складчатая система // Геологическое строение СССР. Раздел «Протерозой». Недра. М. 1968. С. 149–153.

3. Беккер Ю.Р. Докембрий Урала // Вопросы тектоники докембрия Евразии. Владивосток. 1974. С. 69–86.

4. Беккер Ю.Р. О границе протерозоя и палеозоя в Ильменских горах // Докембрийско-раннепалеозойская история развития Урала. Свердловск. 1980. С. 21–23

5. Володичев О.И. О влиянии метаморфизма на генерацию и регенерацию цирконов // Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза. Мат-лы Второй Российской конференции по изотопной геохронологии. СПб., Центр информационной культуры, 2003. С. 106–110.

6. *Гарань М.И.* Корреляция разрезов верхнедокембрийских образований Урала // Стратиграфия СССР. Верхний докембрий. М., Госгеолтехиздат, 1963. С. 204–206
7. *Голубчина М.Н.* О поведении циркона и монацита, содержащихся в гранитах при нагревании // Геохимия. 1960. № 2. С. 84.
8. *Горохов И.М.* Рубидий-стронциевый метод изотопной геохронологии. М. Энергоатомиздат, 1985. 152 с.
9. *Доминиковский Г.Г.* Петрография кристаллических сланцев средней части Ильменских гор // Ильменогорский комплекс магматических и метаморфических пород (Тр. Ильменского госуд. заповедника). Т. 1. Свердловск, 1971. Вып. IX. С. 130–147.
10. *Дунаев В.А., Овчинников Л.Н., Краснобаев А.А.* Об абсолютном возрасте пород Ильменских гор // Ильменогорский комплекс магматических и метаморфических пород (Тр. Ильменского госуд. заповедника). Т. 1. Свердловск, 1971. Вып. IX. С. 148–157.
11. *Дунаев В.А., Овчинников Л.Н., Краснобаев А.А.* Об абсолютном возрасте геологических образований Ильменских гор (Средний Урал) // ДАН СССР. 1969. Т. 186. № 5. С. 1174–1177.
12. *Евентьев И.В., Гауэр К.Е.* Докембрийские образования восточного склона Урала // Стратиграфия архея и нижнего протерозоя СССР. Л.: Наука, 1979. С. 205–214.
13. *Иванов С.Н., Пучков В.Н., Иванов В.С.* и др. Формирование земной коры Урала. М.: Наука, 1986. 248 с.
14. *Кейльман Г. А.* Мигматитовые комплексы подвижных поясов. М.: Недра, 1974. 200 с.
15. *Кейльман Г.А., Глушкова Г.А., Болтыров В.Б., Бутин В.В.* О возрасте гнейсово-мигматитовых комплексов Урала // Геология метаморфических комплексов Урала. (Тр. Свердловского горного ин-та им. В.В. Вахрушева). Свердловск, 1973. Вып. 91. С. 28–37.
16. *Кейльман Г.А., Гревцова А.П., Поняк С.Г.* Радиологическая геохронология гнейсовых комплексов Урала // Геолого-радиологическая интерпретация нисходящих значений возраста. (Тр. XVI сессии комиссии по абсолют. возр. геологич. формаций). М.: Наука, 1973. С. 252–258.
17. *Краснобаев А.А.* Циркон как индикатор геологических процессов. М.: Наука, 1986. 156 с.
18. *Кукушкин А.И.* Основные проблемы геологии и метаморфизма гнейсов архея Северо-Западного Беломорья // Материалы по геологии Европейской территории СССР. Тр. ВСЕГЕИ, новая серия, 114. Л. Недра, 1966. С. 225–256.
19. *Кукушкин А.И.* Гнейсовый комплекс района Верхне-Пулонгского озера Северной Карелии. Автореф. канд. дис. Изд. ВСЕГЕИ, Л. 1973. 24 с.
20. *Кукушкин А.И.* Урал: основные структуры и происхождение // Региональная геология и металлогения. 1997, № 6. С. 35–53.
21. *Левский Л.К.* U-Pb система: некоторые нерешенные вопросы // Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза. Мат-лы Второй Российской конференции по изотопной геохронологии. СПб., Центр информационной культуры, 2003. С. 287–291.
22. *Левченко О.А., Макеев А.Ф., Ро Н.И.* и др. Возможности Pb-Pb-LS метода для датирования метаморфических акцессорных минералов // Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и рудогенеза. Мат-лы Второй Российской конференции по изотопной геохронологии. СПб. Центр информационной культуры, 2003. С. 293–295.
23. *Мамаев Н.Ф.* Восточная структурно-фациальная зона Урала // Стратиграфия СССР. Верхний докембрий. М. Госгеолтехиздат, 1963. С. 195–204.
24. *Мамаев Н.Ф.* Древние толщи Восточно-Уральского антиклинория. М. Наука, 1967. 144 с.
25. *Мамаев Н.Ф., Черменинова И.В.* Нижний палеозой и докембрий восточного склона Урала. М.: Наука, 1973. 100 с.
26. *Овчинников Л.Н., Степанов А.И., Краснобаев А.А., Дунаев В.А.* Обзор данных по абсолютному возрасту геологических образований Урала // Магматические формации, метаморфизм, металлогения Урала (Тр. Второго Уральского петрографич. совещания). Свердловск, 1969. Т. 1. С. 173–204.
27. *Панков Ю.Д.* Ильменогорский метаморфический комплекс // Ильменогорский комплекс магматических и метаморфических пород. (Тр. Ильменского госуд. заповедника). Т. 1. Свердловск, 1971. Вып. IX. С. 61–129.
28. *Пронин А.А.* Докембрий восточного склона Среднего Урала // Ин-т геол. и геохим. УФАИ. СССР, 1960. Вып. 51. С. 3–13.
29. *Парначев В.П., Петров В.И., Кузнецов Г.П.* и др. О строении и составе позднедокембрийских отложений Сысертско-Ильменогорской структуры (Южный Урал) // Докембрийские вулканогенно-осадочные комплексы Урала. Свердловск, УНЦ АН СССР, 1986. С. 90–105.
30. *Роненсон Б.М.* Основные черты геологического строения северной части Вишневых гор // Изв. вузов. Серия геология и разведка. 1959. № 1. С. 40–51.
31. *Смирнов Ю.Д.* Нижний докембрий Урала // Стратиграфия СССР. Нижний докембрий. М. Недра, 1989. С. 112–129.
32. *Черменинова И.В.* Новые данные о докембрии восточного склона Урала // ДАН СССР. 1962. Т. 142. № 3. С. 661–662.
33. *Черменинова И.В.* Тектоника венда и нижнего палеозоя восточного склона Урала. М. Наука, 1969.
34. *Чесноков С.В.* Проблемы ильменогорских гнейсов // Ильменогорский комплекс магматических и метаморфических пород (Тр. Ильменского госуд. заповедника). Т. 1. Свердловск, 1971. вып. IX. С. 33–60.
35. *Якобсон К.Э., Казак А.П., Кукушкин А.И.* О возрасте айской свиты Южного Урала // ДАН СССР, 183. Т. 273. № 1. С. 190–193.
36. *Якобсон К.Э., Казак А.П.* Эволюция геосистемы Русская платформа — Урал // Региональная геология и металлогения. 2004. № 20. С. 64–72.
37. *Ярош А.Я.* К вопросу методики геологического истолкования гравитационных и магнитных аномалий при изучении Урала и востока Русской платформы // Глубинное строение Урала. М. Наука, 1968. С. 153–162.